

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-093761  
 (43)Date of publication of application : 29.03.2002

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl. H01L 21/304  
 B23H 5/08  
 C25D 5/04  
 C25D 5/34  
 C25D 7/12  
 C25D 21/12  
 C25F 3/30  
 C25F 7/00

(21)Application number : 2000-284260

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 19.09.2000

(72)Inventor : SATO SHUZO

SEGAWA YUJI

YUBI HIROSHI

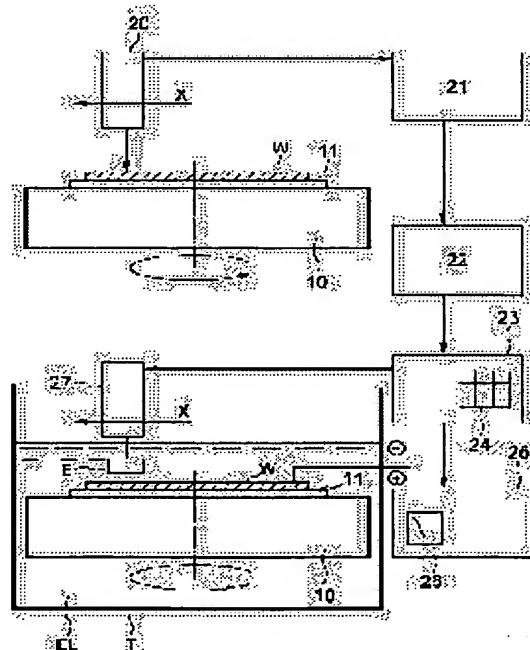
NOGAMI TAKESHI

## (54) POLISHING METHOD, POLISHING SYSTEM, PLATING METHOD AND PLATING SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a polishing method and a polishing system in which initial irregularities can be planarized easily and excess copper film can be removed efficiently while suppressing damage to an underlying interlayer insulation film, and a plating method and a plating system for depositing a copper film flatly.

**SOLUTION:** Data representative of the thickness of a film to be polished on a wafer W is measured, and a cathode member E smaller than a surface to be polished is faced against one region of the surface to be polished. Under a state where electrolyte EL exists between one region of the surface to be polished and the cathode member, a voltage is applied between a cathode, i.e., the cathode member, and an anode, i.e., the film to be polished. Electrolytic polishing is carried out by electrolytic elution or anodic oxidation and chelation of the film to be polished and removal of chelate film in one region of the surface to be polished, starting preferentially from protrusions of the film to be polished until a volume of film determined from the data representative of the film thickness is removed. The planarization is repeated over the entire surface to be polished while moving the cathode member to other regions sequentially. Furthermore, plating is carried out by reverse reaction.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-93761

(P2002-93761A)

(43)公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51)Int.Cl.  
H 01 L 21/304

識別記号  
6 2 2

F I  
H 01 L 21/304

テマコード(参考)

6 2 2 X 3 C 0 5 9

6 2 2 C 4 K 0 2 4

6 2 2 R

6 2 2 S

6 2 1 B

6 2 1

審査請求 未請求 請求項の数91 O.L (全42頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-284260(P2000-284260)

(22)出願日 平成12年9月19日 (2000.9.19)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 佐藤 修三

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 濑川 雄司

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(74)代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

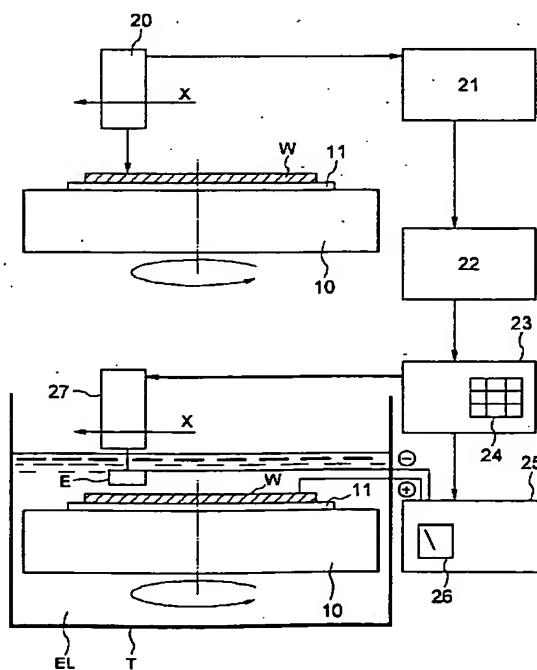
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 研磨方法、研磨装置、メッキ方法およびメッキ装置

(57)【要約】

【課題】初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な銅膜の除去効率に優れ、銅膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能な研磨方法および装置と、銅膜を平坦に堆積可能なメッキ方法および装置を提供する。

【解決手段】被研磨ウェーハWの被研磨膜の膜厚相当データを測定し、被研磨面よりも小さな陰極部材Eを被研磨面の一領域に対向させ、被研磨面の一領域と陰極部材の間に電解液ELを介在させた状態で、陰極部材を陰極とし被研磨膜を陽極として電圧を印加して、膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、被研磨膜の凸部から優先的に、被研磨面の一領域における被研磨膜の電解溶出あるいは陽極酸化とキレート化およびキレート膜の除去により電解研磨し、陰極部材を他領域に移動しながら該他領域において平坦化することを被研磨面全面にわたって繰り返す。また、上記の逆反応によりメッキを行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨方法であって、上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程と、上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間に電解液を介在させた状態で、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加して、上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程と有し、上記被研磨面全面にわたって上記除去すべき量の被研磨膜を除去するように、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動し、該他領域において除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電解研磨して上記被研磨膜を平坦化することを上記被研磨面全面にわたって繰り返す研磨方法。

【請求項2】上記被研磨膜が銅膜である請求項1に記載の研磨方法。

【請求項3】上記膜厚相当データを測定する工程の後、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程の前に、上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する工程をさらに有する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項4】上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動を連続的に行う請求項1に記載の研磨方法。

【請求項5】上記膜厚相当データから得られる除去すべき被研磨膜の量に応じて、上記陰極部材の移動速度を制御する請求項4に記載の研磨方法。

【請求項6】上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動をステップ的に行う請求項1に記載の研磨方法。

【請求項7】上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記被研磨膜の膜厚を測定する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項8】上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程が、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程であり、

上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動して、該他領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定し、該他領域において上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化することを上記被研磨面全体に対して繰り返す請求項1に記載の研磨方法。

【請求項9】上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程において、上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記電解研磨の電解電流を測定し、

上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程においては、上記電解研磨の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電解研磨する請求項8に記載の研磨方法。

【請求項10】上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程においては、上記電解研磨の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了する請求項9に記載の研磨方法。

【請求項11】上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、

上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程においては、上記電界を印加することにより上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項12】上記被研磨面が、上記一領域における被研磨膜の凹凸パターンが繰り返されたパターンの凹凸を有しており、

上記陰極部材を上記被研磨面の他領域にステップ的に移動し、該他領域において、上記被研磨膜の凹凸に応じて該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加することにより、上記被研磨膜の凸部から優先的に上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化することを上記被研磨面全体に対して繰り返す請求項1に記載の研磨方法。

【請求項13】上記陰極部材として、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形状である陰極部材を用い、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させる請求項1に記載の研磨方法。

【請求項14】上記陰極部材として、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材を用い、

上記同心円状に分割された陰極部材の内側から外側へと電圧印加位置を変えて、上記被研磨面全体に対して電解研磨を行う請求項13に記載の研磨方法。

【請求項15】上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に対向させるとときに、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に對向させ、少なくとも上記被研磨面の

一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を介在させ、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加することで、実質的に上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項16】上記陽極部材として、上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる電極を用いる請求項15に記載の研磨方法。

【請求項17】上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程において、上記電解研磨と同時に化学機械研磨処理を行い、電解研磨と化学機械研磨を複合した複合研磨により上記被研磨膜を平坦化する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項18】上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加するときに、直流電圧を印加する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項19】上記直流電圧として、直流パルス電圧を印加する請求項18に記載の研磨方法。

【請求項20】上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加するときに、交流電圧を印加する請求項15に記載の研磨方法。

【請求項21】上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程において、同時に上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する請求項1に記載の研磨方法。

【請求項22】上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として印加する電圧を制御する請求項21に記載の研磨方法。

【請求項23】上記電解電流により、上記被研磨面の一領域における上記被研磨膜の平坦化の進行を管理する請求項21に記載の研磨方法。

【請求項24】被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨方法であって、

上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程と、  
上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間にキレート剤を含む電解液を介在させた状態で、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加することで、上記被研磨膜の表面を陽極酸化し、かつ当該酸化された物質のキレート膜を形成するキレート膜形成工程と、  
上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去し、当該凸部分の被研磨膜を表面に露出させるキレート膜除去工程とを有し、

上記陰極部材を上記被研磨面の一領域から他領域へ移動する工程、上記キレート膜形成工程、および、上記キレート膜除去工程を、上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで上記被研磨面全体に対して繰り返し、上記被研磨面全体を平坦化する研磨

方法。

【請求項25】上記被研磨膜が銅膜である請求項24に記載の研磨方法。

【請求項26】上記電解液として、界面活性剤をさらに含有する電解液を用いる請求項24に記載の研磨方法。

【請求項27】上記膜厚相当データを測定する工程の後、上記被研磨面の一領域におけるキレート膜形成工程の前に、上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する工程をさらに有する請求項24に記載の研磨方法。

【請求項28】上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動を連続的に行う請求項24に記載の研磨方法。

【請求項29】上記膜厚相当データから得られる除去すべき被研磨膜の量に応じて、上記陰極部材の移動速度を制御する請求項28に記載の研磨方法。

【請求項30】上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動をステップ的に行う請求項24に記載の研磨方法。

【請求項31】上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記被研磨膜の膜厚を測定する請求項24に記載の研磨方法。

【請求項32】上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程が、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程であり、

上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動して、該他領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程、上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を上記被研磨面全体に対して繰り返す請求項24に記載の研磨方法。

【請求項33】上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程において、上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定し、

上記陽極酸化の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、上記陽極酸化の電解電流を測定する工程、上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を上記被研磨面全体に対して繰り返す請求項32に記載の研磨方法。

【請求項34】上記被研磨面の一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定する工程、上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を上記被研磨面全体に対して繰り返す際に、上記陽極酸化の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を終了する請求項33に記載の研磨方法。

【請求項35】上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に

凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、  
上記被研磨面の一領域における上記キレート膜形成工程  
および上記キレート膜除去工程においては、上記電界を  
印加することにより上記被研磨膜の凸部から優先的に、  
キレート化して形成されたキレート膜を除去し、平坦化  
する請求項24に記載の研磨方法。

【請求項36】上記被研磨面が、上記一領域における被  
研磨膜の凹凸パターンが繰り返されたパターンの凹凸を  
有しており、

上記陰極部材を上記被研磨面の他領域にステップ的に移  
動し、該他領域において、上記被研磨膜の凹凸に応じて  
該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加すること  
により、上記被研磨膜の凸部から優先的にキレート化して、  
形成されたキレート膜を除去し、平坦化することを上記被研磨面全体に対して繰り返す請求項35に記載の  
研磨方法。

【請求項37】上記陰極部材として、複数の領域に分割  
され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上  
記被研磨面全体に対向する形状である陰極部材を用い、  
上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えること  
で、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位  
置を一領域から他領域に移動させる請求項24に記載の  
研磨方法。

【請求項38】上記陰極部材として、同心円状に複数の  
領域に分割された陰極部材を用い、

上記同心円状に分割された陰極部材の内側から外側へと  
電圧印加位置を変えて、上記被研磨面全体に対して上記  
被研磨膜の表面の陽極酸化およびキレート化を行う請求  
項37に記載の研磨方法。

【請求項39】上記被研磨面に対して相対的に小さな陰  
極部材を上記被研磨面の一領域に対向させるときには、上  
記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材  
を上記被研磨面に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一  
領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽  
極部材の間に電解液を介在させ、上記陰極部材および上  
記陽極部材に電圧を印加することで、実質的に上記陰極  
部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する  
請求項24に記載の研磨方法。

【請求項40】上記陽極部材として、上記被研磨面の物  
質に比して貴なる金属からなる電極を用いる請求項39  
に記載の研磨方法。

【請求項41】上記被研磨面の一領域における上記キレ  
ート膜除去工程においては、ワイピングにより上記被研  
磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に  
除去する請求項24に記載の研磨方法。

【請求項42】上記被研磨面の一領域における上記キレ  
ート膜除去工程においては、振動を印加して上記キレ  
ート膜を除去する請求項24に記載の研磨方法。

【請求項43】上記被研磨面の一領域における上記キレ  
ート膜除去工程においては、噴流をあてることで上記キ

レート膜を除去する請求項24に記載の研磨方法。

【請求項44】上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を  
陽極として電圧を印加するときに、直流電圧を印加する  
請求項24に記載の研磨方法。

【請求項45】上記直流電圧として、直流パルス電圧を  
印加する請求項44に記載の研磨方法。

【請求項46】上記陰極部材および上記陽極部材に電圧  
を印加するときに、交流電圧を印加する請求項39に記  
載の研磨方法。

10 【請求項47】上記被研磨面の一領域において上記被研  
磨膜を陽極酸化する工程において、同時に上記一領域に  
おける陽極酸化の電解電流を測定する請求項24に記載  
の研磨方法。

【請求項48】上記電解電流を一定に保つように、上記  
陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として印加する  
電圧を制御する請求項47に記載の研磨方法。

【請求項49】上記電解電流により、上記被研磨面の一  
領域における上記被研磨膜の平坦化の進行を管理する請  
求項47に記載の研磨方法。

20 【請求項50】被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象  
物の研磨装置であって、  
上記被研磨対象物を保持する基台と、  
上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当デ  
ータの測定手段と、

上記被研磨面に対して相対的に小さく、上記被研磨面の  
一領域に対向して配置される陰極部材と、

少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間に  
電解液を供給する電解液供給手段と、  
上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧  
を印加する電源と、

上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出  
により電解研磨して、上記膜厚相当データから得られる  
除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧印加を制御  
する制御手段と、  
上記除去すべき量の被研磨膜を被研磨面全面にわたって  
除去するように、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域  
に移動させる移動手段とを有する研磨装置。

【請求項51】上記被研磨膜が銅膜である請求項50に  
記載の研磨装置。

40 【請求項52】上記膜厚相当データから除去すべき被研  
磨膜の量を算出する算出部をさらに有する請求項50に  
記載の研磨装置。

【請求項53】上記測定手段が上記被研磨膜の膜厚を測  
定する請求項50に記載の研磨装置。

【請求項54】上記測定手段が上記陰極部材と上記被研  
磨面が対向する一領域における上記電解研磨の電解電流  
を測定し、

上記制御部により、上記被研磨面の一領域において、上  
記電解研磨の電解電流に応じて決められる除去すべき量  
の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御す

る請求項50に記載の研磨装置。

【請求項55】上記制御部により、上記電解研磨の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了するように制御する請求項54に記載の研磨装置。

【請求項56】上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、上記電界を印加することにより上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する請求項50に記載の研磨装置。

【請求項57】上記陰極部材は、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形状であり、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させることができる請求項50に記載の研磨装置。

【請求項58】上記陰極部材が、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材である請求項57に記載の研磨装置。

【請求項59】上記被研磨面に対向して、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材をさらに有し、

上記電解液供給手段により、上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を供給し、

上記電源により、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加する請求項50に記載の研磨装置。

【請求項60】上記陽極部材が上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる請求項59に記載の研磨装置。

【請求項61】上記被研磨面に対して化学機械研磨処理を行う研磨手段をさらに有し、

上記被研磨面の一領域において上記電解研磨と同時に化学機械研磨処理を行い、上記被研磨膜を平坦化する請求項50に記載の研磨装置。

【請求項62】上記電源が、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として直流電圧を印加する請求項50に記載の研磨装置。

【請求項63】上記電源が、上記直流電圧として直流バ尔斯電圧を印加する請求項62に記載の研磨装置。

【請求項64】上記電源が、上記陰極部材および上記陽極部材に交流電圧を印加する請求項59に記載の研磨装置。

【請求項65】上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する電流計をさらに有する請求項50に記載の研磨装置。

【請求項66】上記制御部が、上記電解電流を一定に保

つよう、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する請求項65に記載の研磨装置。

【請求項67】被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨装置であって、

上記被研磨対象物を保持する基台と、

上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データの測定手段と、

上記被研磨面に対して相対的に小さく、上記被研磨面の一領域に対向して配置される陰極部材と、

少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間にキレート剤を含む電解液を供給する電解液供給手段と、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する電源と、

上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜の表面を陽極酸化し、かつ当該酸化された物質のキレート膜を形成するまで電圧印加を制御する制御手段と、

上記キレート膜を除去するキレート膜除去手段と、

上記被研磨面にわたって上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するように、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動させる移動手段とを有する研磨装置。

【請求項68】上記被研磨膜が銅膜である請求項67に記載の研磨装置。

【請求項69】上記キレート膜除去手段が、上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去する請求項67に記載の研磨装置。

【請求項70】上記電解液供給手段が、上記電解液として、界面活性剤をさらに含有する電解液を供給する請求項67に記載の研磨装置。

【請求項71】上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する算出部をさらに有する請求項67に記載の研磨装置。

【請求項72】上記測定手段が上記被研磨膜の膜厚を測定する請求項67に記載の研磨装置。

【請求項73】上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定し、

上記制御部により、上記被研磨面の一領域において、上記陽極酸化の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する請求項67に記載の研磨装置。

【請求項74】上記制御部により、上記陽極酸化の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における陽極酸化を終了するように制御する請求項73に記載の研磨装置。

【請求項75】上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、

上記電界を印加することにより上記被研磨膜の凸部から

優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を陽極酸化およびキレート化し、平坦化する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項7 6】上記陰極部材は、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形状であり、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させることができる請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項7 7】上記陰極部材が、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材である請求項7 6に記載の研磨装置。

【請求項7 8】上記被研磨面に対向して、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材をさらに有し、

上記電解液供給手段により、上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を供給し、

上記電源により、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項7 9】上記陽極部材が上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる請求項7 8に記載の研磨装置。

【請求項8 0】上記キレート膜除去手段として、上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去するワイピング手段を有する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項8 1】上記キレート膜除去手段として、振動印加手段を有する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項8 2】上記キレート膜除去手段として、上記キレート膜にあてる噴流生成印加手段を有する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項8 3】上記電源が、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として直流電圧を印加する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項8 4】上記電源が、上記直流電圧として直流バ尔斯電圧を印加する請求項8 3に記載の研磨装置。

【請求項8 5】上記電源が、上記陰極部材および上記陽極部材に交流電圧を印加する請求項7 8に記載の研磨装置。

【請求項8 6】上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する電流計をさらに有する請求項6 7に記載の研磨装置。

【請求項8 7】上記制御部が、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する請求項8 6に記載の研磨装置。

【請求項8 8】被処理面にメッキ膜と堆積する被処理対象物のメッキ方法であって、

上記被処理対象物上における被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データを測定する工程と、

上記被処理面に対して相対的に小さな陽極部材を上記被処理面の一領域に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間に電解メッキ液を介在させた状態で、上記陽極部材を陽極とし上記被処理面を陰極として電圧を印加して、上記表面高さデータあるいは上記測定時点におけるメッキ膜厚データから得られるこの後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで、上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により堆積させる工程とを有し、

10 上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動し、該他領域においてメッキ処理して上記被研磨膜を堆積させることを上記被処理面全体に対して繰り返すメッキ方法。

【請求項8 9】上記メッキ膜が銅膜である請求項8 8に記載のメッキ方法。

【請求項9 0】被処理面にメッキ膜と堆積する被処理対象物のメッキ装置であって、

上記被処理対象物を保持する基台と、

上記被処理対象物上における上記被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データの測定手段と、

20 上記被処理面に対して相対的に小さく、上記被処理面の一領域に対向して配置される陽極部材と、

少なくとも上記被処理面の一領域と上記陽極部材の間に電解メッキ液を供給する電解メッキ液供給手段と、

上記陽極部材を陽極とし上記被研磨面を陰極として電圧を印加する電源と、

上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により成膜して、上記表面高さデータあるいは測定時点におけるメッキ膜厚データから得られる今後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで電圧印加を制御する制御手段と、

上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動させる移動手段とを有するメッキ装置。

【請求項9 1】上記メッキ膜が銅膜である請求項9 0に記載のメッキ装置。

【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造工程などに用いる研磨方法、研磨装置、メッキ方法およびメッキ装置に関し、特に、ダマシンプロセスなどにおける銅膜などの被研磨膜の研磨方法および研磨装置と、

40 銅膜などの形成工程におけるメッキ方法およびメッキ装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】半導体装置の高集積化、小型化に伴い、配線の微細化、配線ピッチの縮小化および配線の多層化が進んでおり、半導体装置の製造プロセスにおける多層配線技術の重要性が増大している。一方、従来、多層配線構造の半導体装置の配線材料としてアルミニウムが多用されてきたが、近年の0.25 μmルール以下のデザ

50 インルールにおいて、信号の伝搬遅延を抑制するため

に、配線材料をアルミニウムから銅に代えた配線プロセスの開発が盛んに行われている。銅を配線に使用すると、低抵抗と高エレクトロマイグレーション耐性を両立できるというメリットがある。

【0003】この銅を配線に使用するプロセスでは、例えばあらかじめ層間絶縁膜に形成した溝状の配線パターンに金属を埋め込み、CMP (Chemical Mechanical Polishing : 化学機械研磨) 法などによって余分な金属膜を除去して配線を形成する、ダマシン (damascene) 法と呼ばれる配線プロセスが有力となっている。このダマシン法は、配線のエッチングが不要であり、さらに上層の層間絶縁膜も自ずと平坦なものになるので、工程を簡略化できるという利点がある。さらに、層間絶縁膜に配線用溝だけでなく、コンタクトホールも溝として開け、配線用溝とコンタクトホールを同時に金属で埋め込むデュアルダマシン (dual damascene) 法では、さらに大幅な配線工程の削減が可能となる。

【0004】ここで、上記のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスの一例について下記の図を参照して、説明する。まず、図34(a)に示すように、例えば、不図示の不純物拡散領域が適宜形成されているシリコンなどの半導体基板301上に、例えば酸化シリコンからなる層間絶縁膜302を、例えば減圧CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成する。

【0005】次に、図34(b)に示すように、半導体基板301の不純物拡散領域に通じるコンタクトホールCH、および半導体基板301の不純物拡散領域と電気的に接続される所定のパターンの配線が形成される溝Mを公知のフォトリソグラフィー技術およびエッチング技術を用いて形成する。

【0006】次に、図34(c)に示すように、バリアメタル膜305を層間絶縁膜302の表面、コンタクトホールCHおよび溝M内に形成する。このバリアメタル膜305は、例えば、Ta、Ti、Ta<sub>N</sub>、Ti<sub>N</sub>などの材料を公知のスパッタリング法により、形成する。バリアメタル膜305は、配線を構成する材料が銅で層間絶縁膜302が酸化シリコンで構成されている場合には、銅は酸化シリコンへの拡散係数が大きく、酸化されやすいため、これを防止するために設けられる膜である。

【0007】次に、図35(d)に示すように、バリアメタル膜305上に、銅を公知のスパッタリング法により、所定の膜厚で堆積させ、シード膜306を形成する。次に、図35(e)に示すように、シード層306上に成長させてコンタクトホールCHおよび溝Mを銅で埋め込むように、銅膜307を形成する。銅膜307は、例えば、メッキ法、CVD法、スパッタリング法などにより形成する。

【0008】次に、図35(f)に示すように、層間絶縁膜302上の余分な銅膜307およびバリアメタル膜

305をCMP法によって除去し、平坦化する。以上の工程により、銅配線308およびコンタクト309が形成される。上記したプロセスを配線308上で繰り返し行うことにより、多層配線を形成することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のデュアルダマシン法を用いた銅配線形成プロセスでは、余分な銅膜307をCMP法によって除去する工程において、従来のCMP法を用いた平坦化技術では、研磨工具と銅膜との間に所定の圧力をかけ、研磨するため、半導体基板へのダメージが大きいという問題がある。特に、半導体想装置の動作速度向上のため配線中の寄生容量を低減することを目的として、層間絶縁膜としてポリイミド膜などの有機系絶縁膜、あるいはフッ素を含有する酸化シリコンであるSiO<sub>2</sub>膜、ポーラスシリカなどのゲル状絶縁膜などの無機系絶縁膜などの低誘電率の絶縁膜を採用していく場合には、一般にこれらの絶縁膜は機械的強度が低いため、上記のCMP工程におけるダメージは無視できないものとなり、層間絶縁膜へのクラック(亀裂)の発生、半導体基板からの層間絶縁膜の剥離などの問題がある。

【0010】また、層間絶縁膜302と、銅膜307およびバリアメタル膜305との除去性能が異なることから、配線308にディッシング、エロージョン(シンニング)、リセスなどが発生しやすいという問題が存在した。ディッシングは、図36に示すように、例えば、0.18 μmルールのデザインルールにおいて、例えば、100 μm程度のような幅の広い配線308が存在した場合に、当該配線の中央部が過剰に除去され、へこんでしまう現象であり、このディッシングが発生すると配線308の断面積が不足するため、配線抵抗値不良などの原因となる。このディッシングは、配線材料に比較的軟質の銅やアルミニウムを用いた場合に発生しやすい。エロージョンは、図37に示すように、例えば、3000 μmの範囲に1.0 μmの幅の配線が50バーセントの密度で形成されているようなパターン密度の高い部分が過剰に除去されてしまう現象であり、エロージョンが発生すると、配線の断面積が不足するため、配線抵抗値不良などの原因となる。リセスは、図38に示すように、層間絶縁膜302と配線308との境界で配線308が低くなり段差ができてしまう現象であり、この場合にも配線の断面積が不足するため、配線抵抗値の不良などの原因となる。

【0011】一方、余分な銅膜307をCMP法によって、平坦化および除去する工程では、銅膜を効率的に除去する必要があるため、単位時間当たりの除去量である研磨レートは、例えば、500 nm/分以上となるよう要求されている。この研磨レートを稼ぐためには、ウェーハに対する加工圧力を大きくする必要があり、加工圧力を大きくすると、図39に示すように、配線表面に

スクラッチSCやケミカルダメージCDが発生しやすくなり、特に、軟質の銅では発生しやすい。このため、配線のオープン、ショート、配線抵抗値不良などの不具合の原因となり、また、加工圧力を大きくすると、上記のクラッチ、層間絶縁膜の剥離、ディッシング、エロージョンおよびリセスの発生量も大きくなるという不利益が存在した。

【0012】本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、従って、本発明は、銅配線を有する半導体装置の製造工程などにおいて銅膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な銅膜の除去効率に優れ、銅膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能な研磨方法および装置を提供することを目的とする。

【0013】一方で、上記研磨工程の前工程である銅埋め込み電気メッキでは、本質的には被処理面全面にわたって同じ厚さの成膜をすることは困難であり、現状3～5%の厚さばらつきをもって成膜されている。この状態からCMP処理を行って配線形成することになるが、仮にCMP処理での除去量均一性が0%であったとしても、全面に余剰する銅が無くなるまでCMP処理を行った場合、メッキ膜の成膜時のばらつき分のオーバーポリッシュを行うことになり、その分のディッシング、エロージョン、リセスなどが不可避となってしまう。例えば、5,000Åの深さの配線形成を目的に10,000ÅのC<sub>u</sub>膜をメッキして埋め込みした場合、このばらつきの範囲は3～5%で300～500Åであり、300～500Åのオーバーポリッシュによるリセスは5,000Åの配線に対して6～10%もの断面積ロスに相当し、配線形成上無視できない大きさになる。従って、上記の問題を解決するため、本発明はさらに、半導体装置の配線形成工程などに適用できる銅膜を平坦に堆積可能なメッキ方法および装置を提供することを目的とする。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の研磨方法は、被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨方法であって、上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程と、上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間に電解液を介在させた状態で、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加して、上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程とを有し、上記被研磨面全面にわたって上記除去すべき量の被研磨膜を除去するように、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動し、該他領域において除去すべき

量の被研磨膜を除去するまで電解研磨して上記被研磨膜を平坦化することを上記被研磨面全面にわたって繰り返す。

【0015】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨膜が銅膜である。

【0016】本発明の研磨方法は、好適には、上記膜厚相当データを測定する工程の後、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程の前に、上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する工程をさらに有する。

【0017】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動を連続的に行う。さらに好適には、上記膜厚相当データから得られる除去すべき被研磨膜の量に応じて、上記陰極部材の移動速度を制御する。

【0018】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動をステップ的に行う。

【0019】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記被研磨膜の膜厚を測定する。

【0020】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程が、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程であり、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動して、該他領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定し、該他領域において上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化することを上記被研磨面全体に対して繰り返す。さらに好適には、上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程において、上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記電解研磨の電解電流を測定し、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程においては、上記電解研磨の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電解研磨する。またさらに好適には、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程においては、上記電解研磨の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了する。

【0021】本発明の研磨方法は、好適には、上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程においては、上記電界を印加することにより上

記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する。さらに好適には、上記被研磨面が、上記一領域における被研磨膜の凹凸パターンが繰り返されたパターンの凹凸を有しており、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域にステップ的に移動し、該他領域において、上記被研磨膜の凹凸に応じて該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加することにより、上記被研磨膜の凸部から優先的に上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化することを上記被研磨面全体に対して繰り返す。

【0022】本発明の研磨方法は、好適には、上記陰極部材として、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形状である陰極部材を用い、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させる。さらに好適には、上記陰極部材として、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材を用い、上記同心円状に分割された陰極部材の内側から外側へと電圧印加位置を変えて、上記被研磨面全体に対して電解研磨を行ふ。

【0023】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に対向させるときに、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に對向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を介在させ、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加することで、実質的に上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する。さらに好適には、上記陽極部材として、上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる電極を用いる。

【0024】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程において、上記電解研磨と同時に化学機械研磨処理を行い、電解研磨と化学機械研磨を複合研磨により上記被研磨膜を平坦化する。

【0025】本発明の研磨方法は、好適には、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加するときに、直流電圧を印加する。さらに好適には、上記直流電圧として、直流パルス電圧を印加する。また、上記の陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に對向させる場合に、好適には、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加するときに、交流電圧を印加する。

【0026】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する工程において、同時に上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する。さらに好適に

は、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として印加する電圧を制御する。また、さらに好適には、上記電解電流により、上記被研磨面の一領域における上記被研磨膜の平坦化の進行を管理する。

【0027】上記の本発明の研磨方法は、被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物上における被研磨膜の膜厚相当データを測定し、被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を被研磨面の一領域に對向させ、少なくとも被研磨面の一領域と陰極部材の間に電解液を介在させた状態で、陰極部材を陰極とし被研磨膜を陽極として電圧を印加して、膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、被研磨膜の凸部から優先的に、被研磨面の一領域において被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する。ここで、上記被研磨面全面にわたって上記除去すべき量の被研磨膜を除去するように、陰極部材を被研磨面の他領域に移動し、該他領域において除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電解研磨して被研磨膜を平坦化することを被研磨面全面にわたって繰り返す。

【0028】上記の本発明の研磨方法によれば、被処理面にメッキされた被研磨膜の厚さばらつきを予め測定して得た条件で必要な除去量分布を設定し、それに従って、過不足のない除去量で配線形成に必要な被研磨膜の研磨除去をすることができる。また、部分的な除去量が被処理面上に重複することで成る被処理面全面の実際の除去量分布が、上記で設定した除去量分布に一致するよう陰極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない除去量で配線形成に必要な被研磨膜の研磨除去をすることができる。さらに、被処理面上の被研磨膜の研磨除去を電解溶出により行うので、C M P法などのように被研磨膜に圧力がかからず、被研磨膜のスクラッチの発生や下層の層間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。また、上記の電解溶出による研磨除去においては、被研磨膜の表面に形成された凹凸において、凸部のみ選択的に電解溶出されるので、効率的に平坦化できる。上記のように、本発明の研磨方法によれば、被研磨膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な被研磨膜の除去効率に優れ、被研磨膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

【0029】また、上記の目的を達成するため、本発明の研磨方法は、被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨方法であって、上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程と、上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に對向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間にキレート剤を含む電解液を介在させた状態で、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加することで、上記被研磨膜の表面を

陽極酸化し、かつ当該酸化された物質のキレート膜を形成するキレート膜形成工程と、上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去し、当該凸部分の被研磨膜を表面に露出させるキレート膜除去工程とを有し、上記陰極部材を上記被研磨面の一領域から他領域へ移動する工程、上記キレート膜形成工程、および、上記キレート膜除去工程を、上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで上記被研磨面全体に対して繰り返し、上記被研磨面全体を平坦化する。

【0030】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨膜が銅膜である。

【0031】本発明の研磨方法は、好適には、上記電解液として、界面活性剤をさらに含有する電解液を用いる。

【0032】本発明の研磨方法は、好適には、上記膜厚相当データを測定する工程の後、上記被研磨面の一領域におけるキレート膜形成工程工程の前に、上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する工程をさらに有する。

【0033】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動を連続的に行う。さらに好適には、上記膜厚相当データから得られる除去すべき被研磨膜の量に応じて、上記陰極部材の移動速度を制御する。

【0034】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域から他領域への上記陰極部材の移動をステップ的に行う。

【0035】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記被研磨膜の膜厚を測定する。

【0036】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程が、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程であり、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動して、該他領域における上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程、上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を上記被研磨面全体に対して繰り返す。さらに好適には、上記被研磨膜の膜厚相当データを測定する工程において、上記被研磨膜の膜厚相当データとして、上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定し、上記陽極酸化の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで、上記陽極酸化の電解電流を測定する工程、上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を上記被研磨面全体に対して繰り返す。またさらに好適には、上記被研磨面の一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定する工程、上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を上記被研磨面全体に対して繰り返す際に、上記陽

極酸化の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程を終了する。

【0037】本発明の研磨方法は、好適には、上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、上記被研磨面の一領域における上記キレート膜形成工程および上記キレート膜除去工程においては、上記電界を印加することにより上記被研磨膜の凸部から優先的に、キレート化して形成されたキレート膜を除去し、平坦化する。さらに好適には、上記被研磨面が、上記一領域における被研磨膜の凹凸バターンが繰り返されたバターンの凹凸を有しており、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域にステップ的に移動し、該他領域において、上記被研磨膜の凹凸に応じて該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加することにより、上記被研磨膜の凸部から優先的にキレート化して、形成されたキレート膜を除去し、平坦化することを上記被研磨面全体に対して繰り返す。

【0038】本発明の研磨方法は、好適には、上記陰極部材として、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形状である陰極部材を用い、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させる。さらに好適には、上記陰極部材として、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材を用い、上記同心円状に分割された陰極部材の内側から外側へと電圧印加位置を変えて、上記被研磨面全体に対して上記被研磨膜の表面の陽極酸化およびキレート化を行う。

【0039】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を上記被研磨面の一領域に対向させるときに、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を介在させ、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加することで、実質的に上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する。さらに好適には、上記陽極部材として、上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる電極を用いる。

【0040】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域における上記キレート膜除去工程においては、ワイピングにより上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去する。あるいは好適には、上記被研磨面の一領域における上記キレート膜除去工程においては、振動を印加して上記キレート膜を除去する。あるいは好適には、上記被研磨面の一領域における上記キレート膜除去工程においては、噴流をあてる

ことで上記キレート膜を除去する。

【0041】本発明の研磨方法は、好適には、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加するときに、直流電圧を印加する。さらに好適には、上記直流電圧として、直流パルス電圧を印加する。また、上記の陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に対向させる場合に、好適には、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加するときに、交流電圧を印加する。

【0042】本発明の研磨方法は、好適には、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を陽極酸化する工程において、同時に上記一領域における陽極酸化の電解電流を測定する。さらに好適には、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として印加する電圧を制御する。またさらに好適には、上記電解電流により、上記被研磨面の一領域における上記被研磨膜の平坦化の進行を管理する。

【0043】上記の本発明の研磨方法は、被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物上における被研磨膜の膜厚相当データを測定し、被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材を被研磨面の一領域に対向させ、少なくとも被研磨面の一領域と陰極部材の間にキレート剤を含む電解液を介在させた状態で、陰極部材を陰極とし被研磨膜を陽極として電圧を印加することで、被研磨膜の表面を陽極酸化し、かつ当該酸化された銅のキレート膜を形成する。さらに、被研磨膜の凹凸に応じたキレート膜の凸部分を選択的に除去し、当該凸部分の被研磨膜を表面に露出させる。ここで、陰極部材を被研磨面の一領域から他領域へ移動させ、キレート膜形成工程およびキレート膜除去工程を膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで被研磨面全体に対して繰り返すことで、被研磨面全体を平坦化する。

【0044】上記の本発明の研磨方法によれば、被処理面上の被研磨膜に形成された凹凸表面が、被処理面の一領域において、部分的に陽極酸化され、処理液として供給されるキレート剤と反応してキレート化し、容易に除去可能な機械強度の非常に低いキレート膜が形成される。このキレート膜が凸部より優先的に除去されると、さらに露出した銅が陽極酸化後キレート化するため当該キレート膜の凸部の除去を繰り返すことにより被研磨膜の平坦化が達成される。さらに、処理液に界面活性剤が添加されている場合には、当該凹凸表面にあるキレート膜が界面活性剤によりミセル化され不溶性錯体ミセルを形成し、さらに容易にかつ選択的に凸部より優先的に除去される。この陰極部材の電気的作用の及ぶ範囲内では、キレート膜の電気抵抗は銅に比して高く、除去されずに残った凹溝部のキレート膜に覆われた銅は通電による陽極酸化を受け難いことから、この部分のキレート化的進行は非常に遅く、陽極酸化によるキレート膜の生成は、もっぱらキレート膜の除去により露出した被研磨膜

の凸部で行われることになる。さらに、電解液を介して通電するため、陽極の被研磨膜と陰極の電極部材の電位差が一定の場合には、電極間距離の短いほうがその電流密度は大きくなることから、キレート膜が除去され露出した被研磨膜の表面の中でも、より凸部の被研磨膜のほうが、陰極である電極部材との電極間距離が短いことから、電流密度が大きくなり、その結果陽極酸化速度が大きくなるためキレート化が促進される。さらには、凹凸表面に生成されるキレート膜の容積はもとの銅に比して大きいことから凹凸表面の段差がもとの銅表面段差に比して大きく拡大される。従って、凸部に受けるワイピングなどによる機械的除去エネルギーが大きくなる。上記のように、陰極部材の電気的作用の及ぶ範囲内で、被研磨膜は凸部から優先的に除去され、効率的に平坦化される。また、被処理面にメッキされた被研磨膜の厚さばらつきを予め測定して得た条件で必要な除去量分布を設定し、それに従って、過不足のない除去量で配線形成に必要な被研磨膜の研磨除去をすることができる。また、部分的な除去量が被処理面上に重畠することで成る被処理面全面の実際の除去量分布が、上記で設定した除去量分布に一致するよう陰極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない除去量で配線形成に必要な被研磨膜の研磨除去をすることができる。さらに、被処理面上の被研磨膜の研磨除去を、陽極酸化、キレート化およびキレート膜の除去により行うので、CMP法などのように被研磨膜に圧力がかからず、被研磨膜のスクラッチの発生や下層の層間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。上記のように、本発明の研磨方法によれば、被研磨膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な被研磨膜の除去効率に優れ、被研磨膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

【0045】また、上記の目的を達成するため、本発明の研磨装置は、被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨装置であって、上記被研磨対象物を保持する基台と、上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データの測定手段と、上記被研磨面に対して相対的に小さく、上記被研磨面の一領域に対向して配置される陰極部材と、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間に電解液を供給する電解液供給手段と、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する電源と、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨して、上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧印加を制御する制御手段と、上記除去すべき量の被研磨膜を被研磨面全面にわたって除去するように、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動させる移動手段とを有する。

【0046】本発明の研磨装置は、好適には、上記被研磨膜が銅膜である。

【0047】本発明の研磨装置は、好適には、上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する算出部をさらに有する。

【0048】本発明の研磨装置は、好適には、上記測定手段が上記被研磨膜の膜厚を測定する。

【0049】本発明の研磨装置は、好適には、上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記電解研磨の電解電流を測定し、上記制御部により、上記被研磨面の一領域において、上記電解研磨の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する。さらに好適には、上記制御部により、上記電解研磨の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了するように制御する。

【0050】本発明の研磨装置は、好適には、上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、上記電界を印加することにより上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を電解溶出により電解研磨し、平坦化する。

【0051】本発明の研磨装置は、好適には、上記陰極部材は、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形態であり、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させることができる。さらに好適には、上記陰極部材が、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材である。

【0052】本発明の研磨装置は、好適には、上記被研磨面に対向して、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材をさらに有し、上記電解液供給手段により、上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を供給し、上記電源により、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加する。さらに好適には、上記陽極部材が上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる。

【0053】本発明の研磨装置は、好適には、上記被研磨面に対して化学機械研磨処理を行う研磨手段をさらに有し、上記被研磨面の一領域において上記電解研磨と同時に化学機械研磨処理を行い、上記被研磨膜を平坦化する。

【0054】本発明の研磨装置は、好適には、上記電源が、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として直流電圧を印加する。さらに好適には、上記電源が、上記直流電圧として直流パルス電圧を印加する。また、上記の陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に対向させる場合に、好適には、上記電源が、上記陰極部材および上記陽極部材に交流電圧を

印加する。

【0055】本発明の研磨装置は、好適には、上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する電流計をさらに有する。さらに好適には、上記制御部が、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する。

【0056】上記の本発明の研磨装置によれば、上記の本発明の研磨方法により被処理面上の被研磨膜を研磨処理することができ、被研磨膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な被研磨膜の除去効率に優れ、被研磨膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

【0057】また、上記の目的を達成するため、本発明の研磨装置は、被研磨面に被研磨膜を有する被研磨対象物の研磨装置であって、上記被研磨対象物を保持する基台と、上記被研磨対象物上における上記被研磨膜の膜厚相当データの測定手段と、上記被研磨面に対して相対的に小さく、上記被研磨面の一領域に対向して配置される陰極部材と、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間にキレート剤を含む電解液を供給する電解液供給手段と、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として電圧を印加する電源と、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜の表面を陽極酸化し、かつ当該酸化された物質のキレート膜を形成するまで電圧印加を制御する制御手段と、上記キレート膜を除去するキレート膜除去手段と、上記被研磨面にわたって上記膜厚相当データから得られる除去すべき量の被研磨膜を除去するよう、上記陰極部材を上記被研磨面の他領域に移動させる移動手段とを有する。

【0058】本発明の研磨装置は、好適には、上記被研磨膜が銅膜である。

【0059】本発明の研磨装置は、好適には、上記キレート膜除去手段が、上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去する。

【0060】本発明の研磨装置は、好適には、上記電解液供給手段が、上記電解液として、界面活性剤をさらに含有する電解液を供給する。

【0061】本発明の研磨装置は、好適には、上記膜厚相当データから除去すべき被研磨膜の量を算出する算出部をさらに有する。

【0062】本発明の研磨装置は、好適には、上記測定手段が上記被研磨膜の膜厚を測定する。

【0063】本発明の研磨装置は、好適には、上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定し、上記制御部により、上記被研磨面の一領域において、上記陽極酸化の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する。さらに好適には、上記制御部により、上記陽極酸化の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜

をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における陽極酸化を終了するように制御する。

【0064】本発明の研磨装置は、好適には、上記陰極部材が、上記被研磨面の一領域における被研磨膜の凹凸に対応して該被研磨膜の凸部に凹部よりも強い電界を印加できる形状となっており、上記電界を印加することにより上記被研磨膜の凸部から優先的に、上記被研磨面の一領域において上記被研磨膜を陽極酸化およびキレート化し、平坦化する。

【0065】本発明の研磨装置は、好適には、上記陰極部材は、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として上記被研磨面全体に対向する形状であり、上記分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に上記被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させることができる。さらに好適には、上記陰極部材が、同心円状に複数の領域に分割された陰極部材である。

【0066】本発明の研磨装置は、好適には、上記被研磨面に対向して、上記陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材をさらに有し、上記電解液供給手段により、上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間および上記被研磨面と上記陽極部材の間に電解液を供給し、上記電源により、上記陰極部材および上記陽極部材に電圧を印加する。さらに好適には、上記陽極部材が上記被研磨面の物質に比して貴なる金属からなる。

【0067】本発明の研磨装置は、好適には、上記キレート膜除去手段として、上記被研磨膜の凹凸に応じた上記キレート膜の凸部分を選択的に除去するワイピング手段を有する。あるいは好適には、上記キレート膜除去手段として、振動印加手段を有する。あるいは好適には、上記キレート膜除去手段として、上記キレート膜にあてる噴流生成印加手段を有する。

【0068】本発明の研磨装置は、好適には、上記電源が、上記陰極部材を陰極とし上記被研磨膜を陽極として直流電圧を印加する。さらに好適には、上記電源が、上記直流電圧として直流パルス電圧を印加する。また、上記の陰極部材から所定の距離をもって離間させた陽極部材を上記被研磨面に対向させる場合に、好適には、上記電源が、上記陰極部材および上記陽極部材に交流電圧を印加する。

【0069】本発明の研磨装置は、好適には、上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する電流計をさらに有する。さらに好適には、上記制御部が、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する。

【0070】上記の本発明の研磨装置によれば、上記の本発明の研磨方法により被処理面上の被研磨膜を研磨処理することができ、被研磨膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な被研磨膜の除去効率に優れ、被研磨膜の下層の層間絶縁膜など

へのダメージを抑制することが可能である。

【0071】また、上記の目的を達成するため、本発明のメッキ方法は、被処理面にメッキ膜と堆積する被処理対象物のメッキ方法であって、上記被処理対象物上における被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データを測定する工程と、上記被処理面に対して相対的に小さな陽極部材を上記被処理面の一領域に対向させ、少なくとも上記被研磨面の一領域と上記陰極部材の間に電解メッキ液を介在させた状態で、上記陽極部材を陽極とし上記被処理面を陰極として電圧を印加して、上記表面高さデータあるいは上記測定時点におけるメッキ膜厚データから得られるこの後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで、上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により堆積させる工程とを有し、上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動し、該他領域においてメッキ処理して上記被研磨膜を堆積させることを上記被処理面全体に対して繰り返す。

【0072】上記本発明のメッキ方法は、好適には、上記被研磨膜が銅膜である。

【0073】上記の本発明のメッキ方法によれば、メッキしようとする被処理面の表面高さを予め測定する、あるいはメッキ処理を行いながらメッキ膜厚データを測定することにより、得られた条件で必要な堆積量分布を設定し、それに従って、過不足のない堆積量で必要なメッキ膜の形成をすることができる。また、部分的な堆積量が被処理面上に重畠することで成る被処理面全面の実際の堆積量分布が、上記で設定した堆積量分布に一致するように陽極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない堆積量で被研磨膜の形成をすることができる。上記のように、半導体装置の配線形成工程などを有して、メッキ膜を平坦に堆積することが可能である。

【0074】また、上記の目的を達成するため、本発明のメッキ装置は、被処理面にメッキ膜と堆積する被処理対象物のメッキ装置であって、上記被処理対象物を保持する基台と、上記被処理対象物上における上記被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データの測定手段と、上記被処理面に対して相対的に小さく、上記被処理面の一領域に対向して配置される陽極部材と、少なくとも上記被処理面の一領域と上記陽極部材の間に電解メッキ液を供給する電解メッキ液供給手段と、上記陽極部材を陽極とし上記被研磨面を陰極として電圧を印加する電源と、上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により成膜して、上記表面高さデータあるいは測定時点におけるメッキ膜厚データから得られる今後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで電圧印加を制御する制御手段と、上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動させる移動手段とを有する。

【0075】上記の本発明のメッキ装置は、好適には、上記被研磨膜が銅膜である。

【0076】上記の本発明のメッキ装置によれば、メ

キしようとする被処理面の表面高さを予め測定する、あるいはメッキ処理を行なながらメッキ膜厚データを測定することにより、得られた条件で必要な堆積量分布を設定し、それに従って、過不足のない堆積量で必要なメッキ膜の形成をすることができる。また、部分的な堆積量が被処理面上に重畠することで成る被処理面全面の実際の堆積量分布が、上記で設定した堆積量分布に一致するように陽極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない堆積量でメッキ膜の形成をすることができる。上記のように、半導体装置の配線形成工程などにおいて、メッキ膜を平坦に堆積することが可能である。

## 【0077】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の研磨方法、研磨装置、メッキ方法およびメッキ装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

## 【0078】第1実施形態

本発明の研磨方法および装置を適用した銅配線を有する半導体装置のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスについて説明する。

【0079】まず、図1(a)に示すように、例えば不図示の不純物拡散領域が適宜形成されている、例えばシリコンなどの半導体基板101上に、例えば酸化シリコンからなる層間絶縁膜102を、例えば反応源としてTEOS(tetraethylorthosilicate)を用いて減圧CVD(Chemical Vapor Deposition)法により形成する。

【0080】次に、図1(b)に示すように、半導体基板101の不純物拡散領域に通じるコンタクトホールCHおよび配線用溝Mを、例えば公知のフォトリソグラフィー技術およびエッチング技術を用いて形成する。なお、配線用溝Mの深さは例えば800nm程度であり、幅は例えば250nm～100μmである。

【0081】次に、図1(c)に示すように、バリアメタル膜103を層間絶縁膜102の表面、コンタクトホールCHおよび配線用溝M内に形成する。このバリアメタル膜103は、例えば、Ta、Ti、W、Co、TaN、TiN、WN、CoWもしくはCoWPなどの材料をスパッタリング装置、真空蒸着装置などを用いたPVD(Physical Vapor Deposition)法により、例えば25nm程度の膜厚で形成する。

【0082】バリアメタル膜103は、配線を構成する材料が層間絶縁膜102中に拡散するのを防止するため、および、層間絶縁膜102との密着性を上げるために設けられる。特に、本実施形態のように、配線材料が銅で層間絶縁膜102が酸化シリコンのような場合には、銅は酸化シリコンへの拡散係数が大きく酸化されやすいため、これを防止する必要がある。

【0083】次に、図2(d)に示すように、バリアメタル膜103上に、配線形成材料と同じ材料の銅からなるシード膜104を公知のスパッタリング法により、例えば150nm程度の膜厚で形成する。シード膜104

10

20

30

30

40

50

は、銅を配線用溝MおよびコンタクトホールCH内に埋め込んだ際に、銅グレインの成長を促すために形成する。

【0084】次に、図2(e)に示すように、コンタクトホールCHおよび配線用溝Mを埋め込むように、バリアメタル膜103上に銅からなる配線用層105を、例えば1200～1600nm程度の膜厚で形成する。配線用層105は、好ましくは、電解メッキ法または無電解メッキ法によって形成するが、CVD法、スパッタリング法などによって形成してもよい。なお、シード膜104は配線用層105と一体化する。配線用層105の表面には、コンタクトホールCHおよび配線用溝Mの埋め込みによって生じた、例えば、800nm程度の高さの凹凸が形成されている。

【0085】以上のプロセスは、従来と同様のプロセスで行われるが、本発明の研磨方法では、層間絶縁膜102上に存在する余分な配線用層105の除去を化学機械研磨ではなく、被研磨面に比べて小さな陰極部材を用いた電解溶出によって行う。即ち、図3(f)に示すように、被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材Eを被研磨面である配線用層105の一領域に対向させて配置し、少なくとも配線用層105の一領域と陰極部材Eの間に電解液ELを介在させる。上記の電解液組成としては、例えば、リン酸、硝酸、塩化アンモニウム、硫酸、および塩酸など、あるいはそれらの混合液とする。

【0086】上記の状態で、図3(g)に示すように、陰極部材Eを陰極とし配線用層105を陽極として電圧を印加して、配線用層105の一領域において配線用層105を電解溶出により電解研磨し、平坦化する。このとき、電解液を介して通電するため、陽極の配線層105と陰極の陰極部材Eの電位差が一定の場合には、電極間距離の短いほうがその電流密度は大きくなることから、表面に凹凸を有する配線用層105の凸部と陰極部材Eの距離d1は、配線用層105の凹部と陰極部材Eの距離d2よりも小さく、電流密度が大きくなり、その結果電解溶出速度が大きくなり、配線用層105の凸部から優先的に電解研磨される。

【0087】上記の配線用層105の一領域における電解研磨は、配線用層105の一領域において除去すべき量の配線用層105を除去するまで行う。ここで、一領域において除去すべき配線用層105の量は、予め別工程で配線用層の膜厚測定器により得た膜厚データから算出しておくか、あるいは上記の電解研磨工程と同時に測定して算出する。さらにまた、電解研磨工程において電解溶出の電解電流を測定し、この電解電流を残存する除去すべき配線用層の量に相関する量として取り扱うことも可能である。

【0088】次に、図4(h)に示すように、陰極部材Eを配線用層105の電解研磨による平坦化が終了した一領域から他領域に移動する。当該他領域においては、

配線用層が除去されていないので、陰極部材Eは、表面に凹凸を有する配線用層105の凸部と距離d1をもって、凹部と距離d2をもって対向する。

【0089】次に、図4(i)に示すように、上記の図3(g)に示す配線用層105の一領域における電解研磨による平坦化と同様に、当該他領域において配線用層105の電解研磨による平坦化を行う。この工程においても、上記と同様に配線用層105の凸部から優先的に電解研磨される。上記の配線用層105の他領域における電解研磨は、上記と同様に配線用層105の他領域において除去すべき量の配線用層105を除去するまで行う。

【0090】以降の工程として、コンタクトホールおよび配線用溝の外部に堆積されたバリアメタル膜を除去する。以上の工程により、デュアルダマシン法により半導体装置に好適なコンタクト接続および銅配線を同時に形成することができる。

【0091】本実施形態の銅配線を有する半導体装置のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスに適用した研磨方法によれば、被研磨面にメッキされた銅膜の厚さばらつきを予め測定して得た条件で必要な除去量分布を設定し、それに従って、過不足のない除去量で配線形成に必要な銅膜の研磨除去をすることができる。

【0092】また、部分的な除去量が被研磨面上に重複することで成る被研磨面全面の実際の除去量分布が、上記で設定した除去量分布に一致するように陰極部材を移動させることで、被研磨全面において過不足のない除去量で配線形成に必要な銅膜の研磨除去をすることができる。

【0093】さらに、被研磨面上の銅膜の研磨除去を電解溶出により行うので、CMP法などのように銅膜に圧力がかからず、銅膜のスクランチの発生や、下層の層間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。

【0094】また、上記の電解溶出による研磨除去においては、銅膜の表面に形成された凹凸において、凸部のみ選択的に電解溶出されるので、効率的に平坦化できる。

【0095】上記のように、本発明の研磨方法によれば、銅膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な銅膜の除去効率に優れ、銅膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

#### 【0096】第2実施形態

図5は、上記の配線用層の電解研磨工程などに用いる研磨装置の構成を示す模式図である。即ち、本実施形態の研磨装置は、被研磨面に銅膜を有する被研磨ウェーハW(以下ウェーハとも言う)を載置する基台10と、基台10に設けられた真空チャックなどの固定手段11と、測定ヘッド20を備えた測定手段21と、算出部22と、制御部23と、コントロールパネル24と、電源

25と、電流計26と、陰極部材Eと、陰極部材Eの移動機構27と、電解液E-Tを収容する電解浴タンクTとを備える。

【0097】なお、図示しないが、上記の研磨装置はクリーンルーム内に設置され、当該クリーンルーム内には、被研磨対象物のウェーハを収納したウェーハカセットを搬出入する搬出入ポートが設けられている。さらに、この搬出入ポートを通じてクリーンルーム内に搬入されたウェーハカセットと研磨装置との間でウェーハの受け渡しを行なうウェーハ搬送ロボットが搬出入ポートと研磨装置の間に設置される。

【0098】ウェーハWは、例えば回転駆動可能な基台10に真空チャックなどの固定手段11により固定される。固定手段としては、真空チャックのほか、エッジ全周クランプ式、爪型メカニカルクランプ式などを用いることができる。なお、エッジ全周クランプ式の場合は陽極となるウェーハへの通電はこのウェーハエッジ全周に接地するクランプ部分より通電することができる。

【0099】測定ヘッド20を備えた測定手段21により銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定される。銅膜の膜厚の測定は、例えば基台10を回転駆動させながら測定ヘッド20を一方向(図面上X方向)に掃引することで行われ、例えば四探針式シート抵抗計によりシート抵抗を測定し、既知のシート抵抗値から膜厚に換算する方法、渦電流式測定器や静電容量式測定器により膜厚に相当するデータを測定する方法などを用いることができる。

【0100】得られた銅膜の膜厚相当データから、算出部22において除去すべき銅膜の量を算出され、制御部23に出力される。制御部23は、上記入力から除去すべき銅膜の量を設定し、それに従って電源25の出力する電圧や陰極部材Eの移動機構27を制御する。また、制御部23はコントロールパネル24により外部入力可能となっている。

【0101】電解溶出による電解研磨が行われる工程においては、ウェーハWは基台10ごと電解浴タンクT中の電解液E-T中に浸漬される。ウェーハWの被研磨面よりも相対的に小さな陰極部材Eが、被研磨面の一領域に対向するように配置されている。陰極部材Eは、例えば無酸素銅などにより構成される直径200mmの円盤形状であり、電解液中にウェーハに平行に配置されている。

【0102】上記のウェーハエッジ全周に、例えばエッジから2mmの部分で接地するクランプ部分などによる通電により、ウェーハの被研磨面である銅膜を陽極とし陰極部材Eを陰極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加される。電源は、常に一定の電圧を出力する低電圧電源ではなく、好ましくは電圧を一定周期でパルス状に出力する、たとえば、スイッチングレギュレータ回路を内蔵し

た直流電源を使用する。

【0103】具体的には、パルス状の電圧を一定周期で出力し、パルス幅を適宜変更可能な電源を使用する。一例としては、出力電圧がDC100～150V、半導体素子の耐圧によっては30Vなど、最大出力電流が2～3A程度（例えば2.2A）、パルス幅が1, 2, 3, 5, 10, 20または30μ秒程度の矩形波いずれかに変更可能なものを使用する。上記の直流パルス電圧としては、ウェーハと陰極部材との距離および電解液の電気抵抗などにより最も効率的に銅膜を除去できる電圧およびパルス幅を選択することができる。

【0104】上記のような幅が短いパルス状の電圧出力にすることは、1パルス当たりの陽極酸化量を非常に小さくするためである。即ち、ウェーハW上の表面に形成された銅膜の凹凸に接触した場合等に見られる極間距離の急変による放電、気泡やパーティクルなどが介在した場合における極間の電気抵抗の急変によるスパーク放電など、銅膜の突発的かつ目的とする除去量に対して巨大な陽極酸化を防止し、できる限り小さなものの連続にするために有効である。また、出力電流に比して出力電圧が比較的高いため、極間距離の設定にある程度の機械的マージンを設定することができる。即ち、極間距離が多少変わっても出力電圧が高い為、電流値変化は小さい。

【0105】上記の電圧が印加されると、第1実施形態に記載のように、被研磨面の一領域において電解溶出により電解研磨がなされる。例えば基台10を回転駆動させながら移動機構27により陰極部材Eを一方向（図面上X方向）に掃引させて、被研磨面全体が電解溶出による電解研磨処理が施される。移動機構27による陰極部材Eの移動は、連続的あるいはステップ的と/orすることができる。

【0106】上記の電源25が陰極および陽極に印加する電圧や移動機構27の制御は、上記で設定された除去すべき銅膜の量に従って、制御部23により行われる。例えば、移動機構27により陰極部材Eを連続的に移動する場合、上記で設定された除去すべき銅膜の量に応じて、陰極部材Eの移動速度を制御することができる。移動速度が遅い領域では、陰極部材Eと被研磨面が対向する時間が長くなり、電解溶出時間が長くなってしまい多くの量の銅膜を電解溶出により電解研磨することができる。一方、移動速度が速い領域では、陰極部材Eと被研磨面が対向する時間が短くなり、電解溶出時間が短くなってしまい、銅膜の電解溶出量は少なくなる。

【0107】例えば、銅膜の膜厚の測定結果が、図6(a)に示すグラフのようである場合、即ち、ウェーハ中央部CTで膜厚が厚く、端部EDで薄いプロファイルであった場合、銅膜の除去すべき量（除去量）は、図6(b)に示すようにウェーハ中央部CTで多く、端部EDで少ないプロファイルに設定され、制御部23は上記除去量プロファイルを満たすように陰極部材Eの移動速

度を制御し、例えば図6(c)に示すように、ウェーハ中央部CTで速く移動するように、端部EDで遅く移動するように制御する。

【0108】また、電解溶出の電解電流を電流計26によりモニターし、例えばこれを一定にするように電圧を制御部23により制御することも可能となっている。

【0109】図7(a)は、図5示す研磨装置の電解溶出を行う電解浴タンク内をより詳細に説明する模式図であり、図7(b)は図7(a)中の領域Xの拡大図である。基板101に被研磨面として配線用層105が形成されたウェーハWが真空チャックなどの固定手段11に固定され、回転駆動される。ウェーハWの一領域において被研磨面に平行に陰極部材Eが対向して配置され、銅を電解溶出するための電解液Eしが陰極部材Eと配線用層105との間に介在させる。ここで、電解液として使用する銅に対する電解液としては、例えば、リン酸、硝酸、塩化アンモニウム、硫酸および塩酸など、あるいはそれらの混合液を用いる。

【0110】不図示の駆動機構によりウェーハWを回転駆動しながら、電源25により、陰極部材Eを陰極として、配線用層105およびバリアメタル膜（不図示）を陽極として、電圧を印加し、移動機構27により陰極部材Eを所定の方向に移動させる。

【0111】ここで、図7(b)に示すように、ミクロ的には電解作用を受ける範囲内の配線用層105表面の凸部と陰極部材Eとの距離d1は、配線用層105表面の凹部と陰極部材Eとの距離d2に比して短いことから、陰極部材Eと配線用層105の電位差が一定の場合には、凸部における電流密度の方が凹部に比して大きくなるため、電解溶出が促進される。ここで、陰極部材とウェーハの距離が小さすぎると、陰極部材とウェーハの間に介在する電解液の流動作用が十分に機能しないためこの距離は、所定の値以上をとることが望ましく、例えば2mm程度とする。このスケールは凹凸の高さHTが0.5～1.5μm程度、その幅WDが0.1～100μm程度の配線レベルの範囲での作用である。

【0112】ところが、マクロ的には、銅膜表面が陽極酸化されて不動態化する場合があり、不動態膜（不図示）は電気抵抗が銅に比して高く、したがって、銅膜の表面に不動態膜が形成された後は、銅膜から電解液を通じて陰極部材に流れる電流値は低下し、この部分の電解溶出は抑制された状態となる。

【0113】上記のように銅膜表面に不動態膜が形成された場合には、不動態膜部分に部分的にさらに高い電圧印加して、選択的に除去することができる。新たに露出した銅膜の表面は集中的に不動態化されるが、不動態化された領域に上記の高い電圧印加による不動態膜の除去を繰り返すことで研磨処理を達成できる。

【0114】また、本実施形態の研磨装置の電源25には、電源25に流れる電解電流をモニタ可能な電流計2

6が備えられている。モニタした電流値信号を制御部23に出力可能であり、また、電源25は電流計26にかわって、電気抵抗検出手段としての抵抗計を備えていてもよく、その役割は電流検出手段と同様である。

【0115】また、制御部23には電源25の電流計からの電流値信号で特定される電流値に基づいて、平坦化装置の動作を制御可能となっている。具体的には、電流値信号で特定される電流値に基づいて、電圧の印加を停止させるように平坦化装置の動作を制御することができる。制御部23に接続されたコントロールパネル24はオペレータが各種データを入力したり、たとえばモニタしている電流値信号を表示したりする。

【0116】電流計により電解電流値をモニタリングすることで、平坦化プロセスの管理を行うことができ、平坦化プロセスの進行状態を正確に把握することが可能となる。例えば、上述のような電極をスキャンする事ができる装置構成において、電極を被研磨面上のある点に固定し、上述のような電流値変動をモニタしておき、電流値が低下し始めた時点では電極を移動する作業を繰り返して、被研磨面全面を掃引する。上記のように不動態膜が形成された場合には、電流値は不動態膜の生成と同時に低下し、除去と同時に増加する変動を繰り返す。

【0117】上記の研磨装置で、銅膜の全面を電解作用により除去し、バリアメタル膜の表面を露出させると、バリアメタル膜は銅膜より電気抵抗が高いので、不動態膜除去後の電流値の値が低下しはじめる。当該電流値が低下し始めた時点で、電圧を印加するのを停止し、陽極酸化による不動態化の進行を停止する。ここまでプロセスによって、銅膜の初期凹凸の平坦化は達成される。以降の工程として、配線用溝の外部に堆積されたバリアメタル膜を除去することで、ダマシン法による銅配線形成が達成される。

【0118】本実施形態に係る研磨装置によれば、電気化学的にのみ材料除去を行うため、通常の化学機械研磨に比して、極端に低い加工圧力で材料除去、平坦化を行うことができる。このことは、単純な機械研磨と比してスクラッチの低減、段差緩和性能、ディッシングやエロージョンの低減などの面で有利である。また、機械的な接触をせずに平坦化が行えることはスクラッチの低減に関しては決定的な優位性を備える。

【0119】さらに、極端に低い加工圧力で平坦化を行うため、機械的強度が弱く通常の化学機械研磨では破壊されてしまいやすい有機系低誘電率材料や、多孔質低誘電率材料を層間絶縁膜に用いる際に非常に有利である。

【0120】通常の機械化学研磨で、アルミナ粒子などを含むスラリーを使用した場合には、研磨に寄与した後、摩滅せず残留したり、銅膜表面に埋没したりすることがおこる（パーティクル）が、本実施形態に係る方法では、砥粒を含まない電解液で平坦化する方法が可能で

あるために、配線を形成する残存した銅膜中に埋没、残留する粒子（パーティクル）は無い。

【0121】また、被研磨面にメッキされた銅膜の厚さばらつきを予め測定して得た条件で必要な除去量分布を設定し、それに従って、過不足のない除去量で配線形成に必要な銅膜の研磨除去をすることができ、具体的には、部分的な除去量が被研磨面上に重複することで成る被研磨面全面の実際の除去量分布が、上記で設定した除去量分布に一致するように陰極部材を移動させることで、被研磨全面において過不足のない除去量で配線形成に必要な銅膜の研磨除去をすることができる。

【0122】上記のように、本実施形態の研磨装置によれば、銅膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な銅膜の除去効率に優れ、銅膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することができる。

### 【0123】第3実施形態

上記の第1実施形態および第2実施形態においては、陰極部材として、被研磨面の一領域において一様な電界を与えることができる平坦な面を有する部材を用いて説明したが、ウェーハに形成された配線パターン、すなわち、ウェーハ上の被研磨面の凹凸パターンに合わせた凹凸パターンを電極印加表面に有する陰極部材を用いることができる。

【0124】図8(a-1)は本実施形態に係る陰極部材の一例の平面図であり、また、図8(a-2)は図8(a-1)中のA-A'における断面に相当する断面図であり、上記の陰極部材を被研磨面である配線用層に対向させたときの構成を示す。即ち陰極部材Eは、ウェーハ上の被研磨面である配線用層105の凹凸パターンに対応して、配線用層105の凸部に対応する部分に電界を強く印加するよう突出し、配線用層105の凹部に対応する部分の電界は弱くなるように凹んだ形状となっている。

【0125】また、図8(b-1)は本実施形態に係る陰極部材の別の例の平面図であり、また、図8(b-2)は図8(b-1)中のA-A'における断面に相当する断面図であり、上記の陰極部材を被研磨面である配線用層に対向させたときの構成を示す。

【0126】即ち陰極部材Eは、ウェーハ上の被研磨面である配線用層105の凹凸パターンに対応して、配線用層105の凸部に対応する部分の電界は弱くなるようにマスクMSが形成されており、配線用層105の凸部に対応する部分には電界を強く印加するよう陰極部材Eの表面が露出している形状となっている。

【0127】上記のウェーハ上の被研磨面の凹凸パターンに合わせた凹凸パターンを電極印加表面に有する陰極部材を用いる場合には、ウェーハの所定領域の配線パターン毎に陰極部材を合わせて、研磨処理が終了した場合には陰極部材を隣接する他の領域にステップ的に移動さ

せる。

【0128】この場合には、研磨処理するときにウェーハを回転駆動せずに、電解液中に静置し、例えば図8(c)に示すようにステップハ露光装置の露光工程と同様の手順で、陰極部材EをウェーハWの単位半導体チップC毎に研磨処理を行い、XY方向にステップ的に移動させて、ウェーハ全面において順次処理を行う。

【0129】上記以外の、例えば銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定する測定ヘッドを備えた測定手段や、得られた銅膜の膜厚相当データから除去すべき銅膜の量を算出する算出部などの構成や動作などは、第1および第2実施形態と同様に実施することが可能であり、第1および第2実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0130】第4実施形態

上記の第1実施形態および第2実施形態においては、陰極部材が機械的に移動する機構を備える装置を用いていたが、陰極部材として、複数の領域に分割され、互いに絶縁されて並べられており、全体として被研磨面全体に対向する形状である陰極部材を用い、この分割された陰極部材の電圧印加位置を変えることで、実質的に被研磨面に対向する上記陰極部材の位置を一領域から他領域に移動させることと同じ効果を得ることができる。

【0131】即ち、例えば、図9(a)の断面図および図9(b)の平面図に示すように、陰極部材として、同心円状に複数(図面上4つ)の領域に分割された陰極部材(E1, E2, E3, E4)を用い、これら各陰極部材(E1, E2, E3, E4)の間は絶縁体INにより絶縁されて保持され、全体として被研磨面全体に対向して用いられる。

【0132】上記の同心円状に複数の領域に分割された陰極部材(E1, E2, E3, E4)を用いて電解溶出により電解研磨をするには、図10(a)に示すように、上記陰極部材(E1, E2, E3, E4)が全体として基板101に被研磨面として配線用層105が形成されたウェーハに電解液ELを介して対向するように配置し、ウェーハエッジ部の配線用層105に陽極接地し、一方分割された陰極部材(E1, E2, E3, E4)の一番内側の陰極部材E1に陰極接地し、電源25により所定の電圧を印加する。このとき、陰極部材E1に対向する部分の配線用層105が電解溶出により電解研磨される。

【0133】上記の陰極部材E1に対向する部分の研磨が終了した後に、図10(b)に示すように、内側がわ2番目の陰極部材E2に陰極接地し、所定の電圧を印加する。陰極部材E2に対向する部分の配線用層105が電解溶出により電解研磨される。

【0134】上記のように、同心円状に分割された陰極部材(E1, E2, E3, E4)の内側から外側へと電圧印加位置を変えて、被研磨面全体に対して電解研磨を

行うことにより、図10(c)に示すように、配線用層105をアイランド状に残すことなく、全面に一様な研磨処理を施すことができる。

【0135】上記以外の、例えば銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定する測定ヘッドを備えた測定手段や、得られた銅膜の膜厚相当データから除去すべき銅膜の量を算出する算出部などの構成や動作などは、第1および第2実施形態と同様に実施することが可能であり、第1および第2実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0136】第5実施形態

上記の第1および第2実施形態においては、陰極部材を陰極とし、配線用層に陽極接地をして電解溶出するする研磨装置について説明しているが、本実施形態においては、図11(a)に示すように、基板101に被研磨面として配線用層105が形成されたウェーハの配線用層105に陰極部材E<sub>1</sub>対向させるとともに、陰極部材E<sub>1</sub>から所定の距離をもって離間させた陽極部材E<sub>2</sub>を配線用層105に対向させ、少なくとも配線用層105と陰極部材E<sub>1</sub>の間および配線用層105と陽極部材E<sub>2</sub>の間に電解液ELを介在させ、電源25により陰極部材E<sub>1</sub>および陽極部材E<sub>2</sub>に電圧を印加する。

【0137】このとき、陰極部材E<sub>1</sub>と陽極部材E<sub>2</sub>の距離を十分にとり、これに比べて配線用層105と陰極部材E<sub>1</sub>の間および配線用層105と陽極部材E<sub>2</sub>の間の距離を十分に小さくする。

【0138】これにより、配線用層105と陽極部材E<sub>2</sub>の間の抵抗R<sub>2</sub>、陰極部材E<sub>1</sub>および陽極部材E<sub>2</sub>にそれぞれ対向する部分の配線用層105の抵抗R<sub>1</sub>、配線用層105と陰極部材E<sub>1</sub>の間の抵抗R<sub>3</sub>の総和が、陰極部材E<sub>1</sub>と陽極部材E<sub>2</sub>間の直接の抵抗R<sub>4</sub>より小さくなり、陽極部材E<sub>2</sub>から陰極部材E<sub>1</sub>への直接の電流I<sub>1</sub>よりも陽極部材E<sub>2</sub>から配線用層105を介して陰極部材E<sub>1</sub>へ流れる電流I<sub>2</sub>のほうが大きくなり、実質的に陰極部材E<sub>1</sub>を陰極とし、被研磨面である配線用層105を陽極として電圧を印加するのと同じ効果を得ることができる。

【0139】この結果、図11(b)に示すように、陰極部材E<sub>1</sub>に対向する部分の配線用層105の表面から電解溶出が生じる。

【0140】上記陽極部材としては、被研磨面である銅よりもイオン化傾向が大きい場合、上記の電解反応において溶出してしまったため、銅に比して貴なる金属からなる電極を用いることが好ましい。例えばプラチナやプラチナで被覆したチタンなどからなる電極を用いることができる。

【0141】上記の陰極部材E<sub>1</sub>および陽極部材E<sub>2</sub>を用いて被研磨面の全面に電解溶出を行うには、陰極部材E<sub>1</sub>および陽極部材E<sub>2</sub>の対向する領域を被研磨面の一領域から他領域へと移動させる。

【0142】この場合、陰極部材E<sub>1</sub>および陽極部材E<sub>2</sub>の間における配線用層105が全て溶出しきってしまうと、配線用層105を介しての電流が途絶え、電解反応は停止してしまい、被研磨面全面での電解溶出ができなくなってしまう。

【0143】これを防ぐためには、図12(a)に示すように、陰極部材E<sub>1</sub>および陽極部材E<sub>2</sub>の間に交流電圧を印加することが好ましい。この場合、陰極と陽極が交互に交代するので、各電極と対向する位置からそれぞれ電解溶出が生じ、一部の配線用層105を溶出しきってしまう前に両電極を移動することで、図12(b)に示すようにウェーハ全面における電解溶出による電解研磨が可能となる。

【0144】上記以外の、例えば銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定する測定ヘッドを備えた測定手段や、得られた銅膜の膜厚相当データから除去すべき銅膜の量を算出する算出部などの構成や動作などは、第1および第2実施形態と同様に実施することが可能であり、第1および第2実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0145】第6実施形態

上記の第2実施形態においては、予め測定ヘッドを備えた測定手段により銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータを測定し、得られた銅膜の膜厚相当データから、除去すべき銅膜の量のプロファイルを算出して、これをもとに陰極部材の移動を行っているが、本実施形態においては、電解溶出を行いながら、膜厚相当データを測定する電解溶出による電解研磨方法であり、特に膜厚相当データとして、電解研磨の電解電流を測定する方法である。

【0146】図13(a)は、本実施形態に係る研磨装置の模式図である。即ち、本実施形態の研磨装置は、被研磨面に銅膜を有する被研磨ウェーハW(以下ウェーハとも言う)を載置する基台10と、基台10に設けられてた真空チャックなどの固定手段11と、算出部22と、制御部23と、コントロールパネル24と、電源25と、電流計26と、陰極部材E<sub>1</sub>と、陰極部材E<sub>2</sub>の移動機構27と、電解液E<sub>1</sub>Tを収容する電解浴タンクTとを備える。

【0147】ウェーハWは、例えば回転駆動可能な基台10に真空チャックなどの固定手段11により固定され、ウェーハWは基台10ごと電解浴タンクT中の電解液E<sub>1</sub>L中に浸漬される。

【0148】例えば基台10を回転駆動させながら、ウェーハWの被研磨面よりも相対的に小さな陰極部材E<sub>1</sub>が、被研磨面の一領域に対向するように配置され、ウェーハの被研磨面である銅膜を陽極とし陰極部材E<sub>1</sub>を陰極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加される。

【0149】上記の電圧が印加されると、第1実施形態

に記載のように、被研磨面の一領域において電解溶出により電解研磨がなされる。このときの電解電流を電流計26によりモニターし、算出部22に出力する。算出部22において、入力された電流値から、残存する除去すべき銅の量が算出され、制御部23に出力される。

【0150】制御部23は、上記入力から除去すべき銅膜の量を設定し、それに従って電源25の出力する電圧や陰極部材E<sub>1</sub>の移動機構27を制御する。また、制御部23はコントロールパネル24により外部入力可能となっている。

【0151】あるいは、電解電流を電流計26によりモニターし、この電流値が所定値に至った時点で、残存する除去すべき量の銅膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了して、移動機構27により陰極部材E<sub>1</sub>を被研磨面の一領域から他領域へ移動させてもよい。例えば、電解溶出の電流値プロファイルは図13(b)に示すように、時刻t<sub>1</sub>において電解溶出反応を開始すると、電流値は急激に立ち上がり、最大値をとる。反応の進行とともに、残存する銅の量が減っていくのに従い、電流値は次第に減少していく。

【0152】配線用溝の外部の銅膜が除去されると、電解溶出反応の進行は鈍り、電流値は上記のピーク値に比べて十分小さな値で、ほとんど変動しない平坦な領域を迎える。この時刻t<sub>2</sub>において、残存する除去すべき量の銅膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了する。

【0153】上記以外の構成および動作などは、第1および第2実施形態と同様に実施することが可能であり、第1および第2実施形態と同様の効果を享受できる。また、本実施形態は第3～第5実施形態の研磨装置についても適用可能である。

#### 【0154】第7実施形態

上記の第2実施形態においては、予め測定ヘッドを備えた測定手段により銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータを測定し、得られた銅膜の膜厚相当データから、除去すべき銅膜の量のプロファイルを算出して、これをもとに陰極部材の移動を行っているが、本実施形態は、膜厚相当データを測定しながら、電解溶出による電解研磨を行う方法である。

【0155】図14は、本実施形態に係る研磨装置の模式図である。即ち、本実施形態の研磨装置は、被研磨面に銅膜を有する被研磨ウェーハW(以下ウェーハとも言う)を載置する基台10と、基台10に設けられてた真空チャックなどの固定手段11と、測定ヘッド20を備えた測定手段21と、算出部22と、制御部23と、コントロールパネル24と、電源25と、電流計26と、陰極部材E<sub>1</sub>と、陰極部材E<sub>2</sub>の移動機構27と、電解液E<sub>1</sub>Tを収容する電解浴タンクTとを備える。

【0156】ウェーハWは、例えば回転駆動可能な基台10に真空チャックなどの固定手段11により固定さ

れ、ウェーハWは基台10ごと電解浴タンクT中の電解液E L中に浸漬され、測定ヘッド20および陰極部材Eが被研磨面の一領域に対向して配置される。

【0157】まず、例えば基台10を回転駆動させながら、測定ヘッド20を備えた測定手段21により、被研磨面の一領域における銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定される。銅膜の膜厚の測定は、例えば四探針式シート抵抗計によりシート抵抗を測定し、既知のシート抵抗値から膜厚に換算する方法、渦電流式測定器や静電容量式測定器により膜厚に相当するデータを測定する方法などを用いることができる。

【0158】得られた銅膜の膜厚相当データから、算出部22において除去すべき銅膜の量を算出され、制御部23に出力される。制御部23は、上記入力から除去すべき銅膜の量を設定し、それに従って電源25の出力する電圧や陰極部材Eの移動機構27を制御する。また、制御部23はコントロールパネル24により外部入力可能となっている。

【0159】ウェーハの被研磨面である配線用層105を陽極とし陰極部材Eを陰極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加されると、第1実施形態に記載のように、被研磨面の一領域において電解溶出により電解研磨がなされる。

【0160】ここで、上記の測定手段21により膜厚あるいは膜厚相当データを測定しながら、同時に電解溶出による電解研磨を行う。膜厚あるいは膜厚相当データの測定結果から、除去すべき量の銅膜が除去されたと判定された場合には、移動機構27により陰極部材Eを連続的あるいはステップ的に移動させる。このとき、測定ヘッド20も陰極部材Eとともに移動される。上記の工程を被研磨面全面に行うことで、被研磨面全面を均一に電解溶出により電解研磨することができる。

【0161】上記以外の構成および動作などは、第1および第2実施形態と同様に実施することが可能であり、第1および第2実施形態と同様の効果を享受できる。また、本実施形態は第3～第5実施形態の研磨装置についても適用可能である。

#### 【0162】第8実施形態

図15は本実施形態に係る研磨装置の模式図であり、実質的に第2実施形態に係る研磨装置と同様であるが、陰極部材Eが被研磨面の凹凸の大きさ程度に小さく、また、測定ヘッド20および移動機構27が、被研磨面の面内を2次元で移動可能となっている。基台10の回転駆動機構は、この場合不要である。

【0163】上記の研磨装置では、第2実施形態と同様に、予め測定ヘッドを備えた測定手段により銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータを被研磨面の面内を2次元で測定し、得られた銅膜の膜厚相当データから、除去すべき銅膜の量のプロファイルを算出して、これをもとに陰極部材の移動を被研磨面の面内を2次元で制御して

電解溶出を制御する。陰極部材Eが被研磨面の凹凸の大きさ程度に小さくなっていることから、被研磨面の凹凸に合わせた微細な陰極部材の移動と電圧の印加が可能となっている。

【0164】例えば、銅膜の膜厚の測定結果が、図16(a)に示すグラフのようである場合(図面上は面内の一方向に対するプロファイルを1次元で示している)、即ち、ウェーハ端部E Dから中央部C Tにかけて細かい凹凸が形成されている場合、銅膜の除去すべき量(除去量)は、図16(b)に示すように図16(a)と同様のプロファイルとなる。この場合の電極移動速度は、図16(c)に示すように、除去量の少ない部分で速く移動するように、また、除去量の多い部分で遅く移動するように制御する。

【0165】上記以外の構成および動作などは、第1および第2実施形態と同様に実施することが可能であり、第1および第2実施形態と同様の効果を享受できる。また、本実施形態は第3あるいは第5実施形態の研磨装置についても適用可能である。

#### 【0166】第9実施形態

上記の第1～第8実施形態においては、被研磨面の研磨を電解溶出のみにより行っているが、本実施形態においては、これにさらに化学機械研磨(CMP: Chemical Mechanical Polishing)法による研磨を組み合わせることで、電解研磨と化学機械研磨を複合した複合研磨により研磨することが可能となる。本実施形態に係る研磨装置は、実質的に図5に示す装置と同様であるが、図5の下段における電解浴タンクT内部分が図17に示す研磨装置に置き換えられている。

【0167】即ち、基板101に被研磨面として配線用層105が形成されたウェーハWが真空チャックや、爪型メカニカルクランプあるいはエッジ全周クランプなどに固定され、回転駆動される。ウェーハWの一領域において電解液供給ノズル30を兼ねており、移動機構27により移動可能な陰極部材Eが被研磨面に平行に対向して配置される。電解液供給ノズル30から電解液を供給して銅を電解溶出するための電解液E Lを陰極部材Eと配線用層105との間に介在させる。

【0168】ウェーハの被研磨面である配線用層105を陽極とし陰極部材Eを陰極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加されると、第1実施形態に記載のように、被研磨面の一領域において電解溶出により電解研磨がなされる。

【0169】また、上記の電解液供給ノズル30による電解液供給領域に、スクラバ31を備えたボリッシングヘッド32が設けられている。ボリッシングヘッド32は、スクラバ31に圧力を印加しながら回転駆動し、スクラバ31を回転させることができる。上記の電解液供給ノズル30による電解液供給領域に、スクラバ31を

備えたポリシングヘッド32が設けられている。ポリシングヘッド32はスクラバ31を回転駆動することができる。また、ポリシングヘッド32の移動によりスクラバ31も移動可能となっているが、これは上記の陰極部材Eの移動に連動して移動するものとする。さらに、ポリシングヘッド32の移動によりスクラバ31に圧力を印加することができる。ここで、スクラバは、例えば発泡ポリビニルアセタールあるいは発泡ポリウレタンなどからなり、通常のC.M.P工程に用いられる材料からなるスクラバを採用可能である。

【0170】ここで、電解液として使用する銅に対する電解液としては、上記第1あるいは第2実施形態において説明した電解液に、さらに例えば、酸化アルミニウム、酸化シリコン、酸化セリウム、酸化ジルコニウムなどの研磨砥粒を含有する研磨スラリーを含有してもよい。これらの研磨砥粒を含有することで、効果的な化学機械研磨を行うことができる。

【0171】本実施形態に係る研磨装置は、例えば不図示の制御部により制御される電源25から、陰極部材E（電解液供給ノズル30）と配線用層105の間に電圧が印加され、電解溶出により研磨されるとともに、研磨砥粒を含有する電解液を研磨スラリーとする化学機械研磨による研磨を行うことができ、研磨効率を向上あるいは補助する。

【0172】上記の移動機構27などにより陰極部材Eおよびスクラバ31を連動して、連続的あるいはステップ的にウェーハ全面に移動させることで、被研磨面全面を均一に電解溶出による電解研磨および化学機械研磨による複合研磨をすることができる。

【0173】機械的強度が弱く通常の化学機械研磨では破壊されてしまいやすい有機系低誘電率材料や、多孔質低誘電率材料を層間絶縁膜に用いているウェーハを研磨する場合には、大きな圧力を印加する化学機械研磨が好ましくないが、本実施形態においては、電解研磨と化学機械研磨を複合する複合研磨であるので、化学機械研磨のみの研磨よりも印加圧力を低減可能であり、上記の各実施形態と同様に、銅膜のスクラッチの発生や、下層の層間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。

【0174】本実施形態においても、第2実施形態と同様に、銅膜表面が陽極酸化されて不動態化する場合がある。この場合には、化学機械研磨で部分的にスクラブする時間を長くする、あるいは、印加する圧力を高くすることで、不動態膜部分を化学機械研磨処理により選択的に除去することができる。新たに露出した銅膜の表面は集中的に不動態化されるが、機械的スクラブによる不動態膜の除去を繰り返すことで研磨処理を達成できる。このとき、電解電流値は、不動態膜の除去と同時に増加し、不動態膜の生成と同時に低下することを繰り返す。

【0175】上記以外の、例えば銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定する測定ヘッドを備えた測定

手段や、得られた銅膜の膜厚相当データから除去すべき銅膜の量を算出する算出部などの構成や動作などは、第1～第8実施形態と同様に実施することが可能であり、第1～第8実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0176】第10実施形態

本実施形態に係る研磨装置は、第8実施形態と同様に、電解研磨と化学機械研磨を複合した複合研磨を行う研磨装置である。本実施形態に係る研磨装置は、実質的に図5に示す装置と同様であるが、図5の下段における電解浴タンクT内部分が図18(a)に示す研磨装置に置き換えられている。

【0177】即ち、基板101に被研磨面として配線用層105が形成されたウェーハWが真空チャックや、爪型メカニカルクランプあるいはエッジ全周クランプなどに固定され、回転駆動される。なお、エッジ全周クランプ式の場合は陽極となるウェーハへの通電はこのウェーハエッジ全周に接地するクランプ部分より通電することができる。

【0178】ウェーハWの一領域において、例えば無酸素銅などからなり、移動機構27により移動可能な陰極部材Eが被研磨面に平行に対向して配置され、また、この一領域において電解液供給ノズル30が配置され、陰極部材Eと連動して移動する構成となっている。電解液供給ノズル30から電解液を供給して銅を電解溶出するための電解液Eを陰極部材Eと配線用層105との間に介在させる。なお、ノズル本数は図示した1本のほか、ウェーハの反対側対照に複数本、ランダムに複数本設ける場合などがある。

【0179】ウェーハの被研磨面である配線用層105を陽極とし陰極部材Eを陰極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加されると、第1実施形態に記載のように、被研磨面の一領域において電解溶出により電解研磨がなされる。陰極部材EとウェーハWの距離が小さすぎると、陰極部材EとウェーハEの間に介在する電解液の流动作用が十分に機能しないため、距離は、所定の値以上をとることが望ましい。

【0180】また、上記の電解液供給ノズル30による電解液供給領域に、ポリシングリングホイール33を備えた主軸34が設けられている。主軸34は、図18(b)に示すように、例えばウェーハWの回転方向と同じ方向にポリシングリングホイール33を回転駆動することができる。また、主軸34の図面上x軸方向への移動によりポリシングリングホイール33も移動可能となっているが、これは上記の陰極部材Eの移動に連動して移動するものとする。さらに、主軸34の図面上z軸方向への移動によりポリシングリングホイール33に圧力を印加して機械的スクラブ加工圧力を与えることができる。

【0181】上記のポリシングリングホイール33は、

例えば発泡ポリビニルアセタールあるいは発泡ポリウレタンなどからなり、通常のCMP工程に用いられるリングホイールを採用可能である。ポリシングリングホイール33の大きさは、例えば、外径φ200mm、内径160mm、厚さ20mm程度である。

【0182】ここで、電解液として使用する銅に対する電解液としては、上記第1あるいは第2実施形態において説明した電解液に、さらに例えば、酸化アルミニウム、酸化シリコン、酸化セリウム、酸化ジルコニウムなどの研磨砥粒を含有する研磨スラリーを含有してもよい。これらの研磨砥粒を含有することで、効果的な化学機械研磨を行うことができる。

【0183】本実施形態に係る研磨装置は、例えば不図示の制御部により制御される電源25から、陰極部材Eと配線用層105の間に電圧が印加され、電解溶出により研磨されるとともに、研磨砥粒を含有する電解液を研磨スラリとする化学機械研磨による研磨を行うことができ、研磨効率を向上あるいは補助する。

【0184】上記の移動機構27などにより、陰極部材E、電解液供給ノズル30およびポリシングリングホイール33を連動して、連続的あるいはステップ的にウェーハ全面に移動させることで、被研磨面全面を均一に電解溶出による電解研磨および化学機械研磨による複合研磨をすることができる。

【0185】また、本実施形態に係る研磨装置においては、電解浴タンクT底部に溜まった電解液をフィルタFを介してジェットポンプPにより吸い上げ、電解液供給ノズル30から再供給可能である。このとき、電解液中の不要成分を除去し、不足成分を補充添加することができる。

【0186】また、電源25としては、第2実施形態に記載のような電源を用いることができる。また、第2実施形態に記載と同様に、電流計による電解電流の検出や、電圧の印加を停止することや陰極部材などを移動させることなどの研磨装置の動作を上記の電流計からの電流値に基づいて制御することが可能となっている。

【0187】なお、図示しないが、本実施形態の研磨装置はクリーンルーム内に設置され、当該クリーンルーム内には、被研磨対象物のウェーハを収納したウェーハカセットを搬出入する搬出入ポートが設けられている。さらに、この搬出入ポートを通じてクリーンルーム内に搬入されたウェーハカセットと研磨装置との間でウェーハの受け渡しを行うウェーハ搬送ロボットが搬出入ポートと研磨装置の間に設置される。

【0188】上記以外の、例えば銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定する測定ヘッドを備えた測定手段や、得られた銅膜の膜厚相当データから除去すべき銅膜の量を算出する算出部などの構成や動作などは、第1～第8実施形態と同様に実施することが可能であり、第1～第8実施形態と同様の効果を享受できる。

### 【0189】第1.1実施形態

本実施形態に係る研磨装置は、実質的に第1.0実施形態に係る研磨装置と同様であるが、第5実施形態と同様、図19(a)の模式的断面図および(b)の平面図(図19(a)は(b)中のA-A'における断面に相当する)に示すように、リング上の陰極部材E<sub>u</sub>から所定の距離をもって離間させた陽極部材E<sub>d</sub>が被研磨面に対向するように設けられている構成となっている。例えば陰極部材E<sub>u</sub>および陽極部材E<sub>d</sub>は、それぞれ大径のリング状電極と小径のリング状電極からなり、それらが同心円状に、かつ交互に配置された構成となっている。また、陰極部材E<sub>u</sub>および陽極部材E<sub>d</sub>は、ともにポリシングリングホイール33中に埋め込まれている。

【0190】上記の研磨装置において研磨処理を行うには、不図示の電解液供給ノズルにより電解液を供給して被研磨面である配線用層と陰極部材E<sub>u</sub>の間および配線用層と陽極部材E<sub>d</sub>の間に電解液E<sub>L</sub>を介在させ、不図示の電源によりポリシングリングホイール33中央部の端子35aおよびリング状端子35bを介して、陰極部材E<sub>u</sub>および陽極部材E<sub>d</sub>に所定の正電圧あるいは負電圧を印加する。

【0191】このとき、図19(c)に示すように、陰極部材E<sub>u</sub>と陽極部材E<sub>d</sub>の距離を十分にとり、これに比べて配線用層105と陰極部材E<sub>u</sub>の間および配線用層105と陽極部材E<sub>d</sub>の間の距離を十分に小さくすると、電流は陽極部材E<sub>d</sub>から配線用層105を介して陰極部材E<sub>u</sub>へ流れようになり、実質的に陰極部材E<sub>u</sub>を陰極とし、陰極部材E<sub>d</sub>と対向する領域の被研磨面である配線用層105を陽極として電圧を印加するのと同じ効果を得ることができる。

【0192】この結果、陰極部材E<sub>u</sub>に対向する部分の配線用層105の表面から電解溶出する電解研磨を行うことができる。さらにポリシングリングホイール33によるスクラブにより化学機械研磨による研磨を行うことができ、研磨効率を向上あるいは補助する。上記のように動作させながら、電解液供給ノズルおよびポリシングリングホイール33を連動して、連続的あるいはステップ的にウェーハ全面に移動させることで、被研磨面全面を均一に電解溶出による電解研磨および化学機械研磨による複合研磨をすることができる。

【0193】上記の構成において、回転駆動するポリシングリングホイール33中に埋め込まれた陰極部材E<sub>u</sub>と陽極部材E<sub>d</sub>に電圧を印加する配線構成の例を、図20(a)の平面図および同図中のA-A'における断面図である図20(b)に示す。即ち、陰極部材E<sub>u</sub>と陽極部材E<sub>d</sub>が埋め込まれたポリシングリングホイール33を不図示の領域で保持するホイールホルダ36の中央部に設けられた開口部にポリ塩化ビニルなどからなる端子ホルダ37が嵌込まれ、樹脂などのネジ37aにより固定されている。端子ホルダ37中に、上記の端子35

a およびリング状端子 35 b が埋め込まれており、突起状のコンタクトプローブ 38 を介してスリップリングにより電源から電圧が印加される。端子ホルダ 37 の裏面側において、端子 (39 a, 39 b) が端子ホルダ 37 を貫通する導電性ネジ (40 a, 40 b) を介して端子 35 a およびリング状端子 35 b に接続しており、各端子 (39 a, 39 b) はそれぞれ不図示の領域で陰極部材 E<sub>u</sub> と陽極部材 E<sub>d</sub> に接続している。端子 (39 a, 39 b) 領域は、樹脂カバー 41 により保護されており、樹脂カバー 41 は樹脂ネジ 42 によりホイールホルダ 36 に固定されている。

【0194】上記のような陰極部材 E<sub>u</sub> と陽極部材 E<sub>d</sub> が埋め込まれたポリシングリングホイール 33 のレイアウトの例を以下に示す。図 21 (a) は、小径の陰極部材 E<sub>u</sub> の外周部に大径の陽極部材 E<sub>d</sub> が配置された構成となっている。図 21 (b) は、図 21 (a) と同様であるが、ポリシングリングホイール 33 領域の最内周部および最外周部に、小径の陰極部材 E<sub>u</sub> の外周部に大径の陽極部材 E<sub>d</sub> が配置された構成である。図 21 (c) は、陰極部材 E<sub>u</sub> と陽極部材 E<sub>d</sub> が星型に配置された構成である。

【0195】図 22 (a) は、ポリシングリングホイール 33 の中心で直交する 2 直線上の領域に陰極部材 E<sub>u</sub> を、残りの領域に陽極部材 E<sub>d</sub> を配置した構成である。図 22 (b) は、円形形状の陰極部材 E<sub>u</sub> の外周部に陽極部材 E<sub>d</sub> を配置したパターンをポリシングリングホイール 33 領域上に並べた構成である。図 22 (c) は、円形形状の陰極部材 E<sub>u</sub> および陽極部材 E<sub>d</sub> をポリシングリングホイール 33 領域上に交互に並べた構成である。

【0196】図 23 (a) は、ポリシングリングホイール 33 領域を直径により分割し、一領域毎に陰極部材 E<sub>u</sub> および陽極部材 E<sub>d</sub> を交互に並べた構成である。図 23 (b) は、陰極部材 E<sub>u</sub> および陽極部材 E<sub>d</sub> を渦巻き状にポリシングリングホイール 33 領域上に交互に並べた構成である。

【0197】本実施形態において、上記以外の陽極部材の材料などの構成は第 5 実施形態と同様であり、また、例えば銅膜の膜厚あるいは膜厚に相当するデータが測定する測定ヘッドを備えた測定手段や、得られた銅膜の膜厚相当データから除去すべき銅膜の量を算出する算出部などの構成や動作などは、第 1 および第 2 実施形態と同様に実施することが可能であり、第 1 および第 2 実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0198】第 12 実施形態

本発明の研磨方法および装置を適用した銅配線を有する半導体装置のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスについて説明する。

【0199】まず、第 1 実施形態における図 2 (e) までの工程と同様に、半導体基板 101 に層間絶縁膜 10

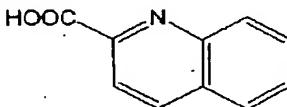
2 を形成し、コンタクトホールおよび配線用溝を形成し、バリアメタル膜 103 および配線用層 105 を形成する。配線用層 105 の表面には、コンタクトホール C<sub>H</sub> および配線用溝 M の埋め込みによって生じた、例えば、800 nm 程度の高さの凹凸が形成されている。

【0200】以上のプロセスは、従来と同様のプロセスで行われるが、本発明の研磨方法では、層間絶縁膜 102 上に存在する余分な配線用層 105 の除去を化学機械研磨ではなく、被研磨面に比べて小さな陰極部材を用いた陽極酸化と、酸化された銅のキレート剤によるキレート化によって行う。即ち、図 24 (f) に示すように、被研磨面に対して相対的に小さな陰極部材 E を被研磨面である配線用層 105 の一領域に對向させて配置し、少なくとも配線用層 105 の一領域と陰極部材 E の間にキレート剤を含有する電解液 E<sub>L</sub> を介在させる。

【0201】ここで、キレート剤としては、例えば、化学構造式 (1) のキナルシン酸、化学構造式 (2) のグリシン、化学構造式 (3) のクエン酸、化学構造式 (4) のシュウ酸、化学構造式 (5) のプロピオン酸、化学構造式 (6) のマントラニル酸、化学構造式 (7) のフェニルアラニンなどを用いる。

#### 【0202】

##### 【化1】



(1)

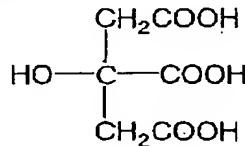
##### 【0203】

##### 【化2】 NH<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>, COOH

(2)

##### 【0204】

##### 【化3】



(3)

##### 【0205】

##### 【化4】 (COOH)<sub>2</sub>

(4)

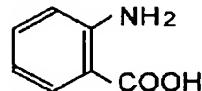
##### 【0206】

##### 【化5】 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COOH

(5)

##### 【0207】

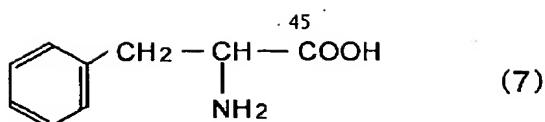
##### 【化6】



(6)

##### 【0208】

##### 【化7】

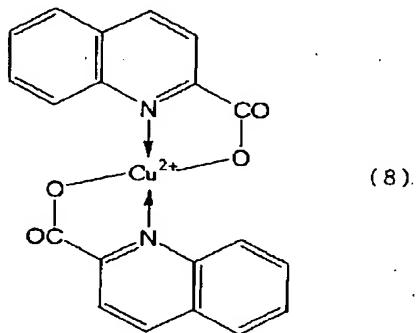


【0209】次に、陰極部材Eを陰極として、配線用層105およびバリアメタル膜103を陽極として、電圧を印加する。このとき、陰極部材Eと対向する領域において、陽極である配線用層105は陽極酸化され、CuOを形成する。ここで、配線用層105表面の凸部と陰極部材Eとの距離d1は、配線用層105表面の凹部と陰極部材Eとの距離d2に比して、短いことから、陰極部材Eと配線用層105の電位差が一定の場合には、凸部における電流密度の方が凹部に比して大きくなるため、陽極酸化が促進される。

【0210】図24(g)に示すように、陽極酸化された銅膜(CuO)105の表面は、電解溶液中のキレート剤により、キレート化される。キレート剤としてキナルシン酸を用いた場合には、化学構造式(8)のキレート化合物からなる膜となり、グリシンを用いた場合には、化学構造式(9)のキレート化合物からなる膜となる。

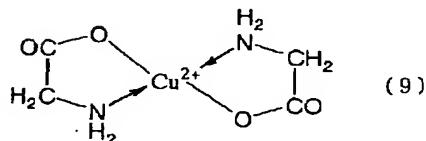
【0211】

【化8】



【0212】

【化9】



【0213】上記のキレート膜106は、電気抵抗が銅に比して高く、機械的強度が非常に小さく、脆弱な膜である。上記のように配線用層105の表面にキレート膜106が形成されると、その領域において配線用層105から電解液ELを通じて陰極部材Eへ流れる電流値が低下する。

【0214】次に、図25(h)に示すように、配線用層105の表層のキレート化が終了した一領域から陰極部材Eを他領域に移動する。当該他領域においては、配

線用層の表層はキレート化されておらず、陰極部材Eは、表面に凹凸を有する配線用層105の凸部と距離d1をもって、凹部と距離d2をもって対向する。

【0215】次に、図25(i)に示すように、上記の図24(g)に示す配線用層105の一領域における陽極酸化とキレート化と同様に、当該他領域において配線用層105の表層部の陽極酸化とキレート化を行う。この工程においても、上記と同様に配線用層105の凸部から優先的に陽極酸化が促進される。上記の配線用層105の他領域における陽極酸化とキレート化は、上記と同様に配線用層105の他領域の全面を陽極酸化とキレート化するまで行う。

【0216】次に、図26(j)に示すように、配線用層105の表面に形成されたキレート膜106の凸部を、ワイピング、機械研磨などによって選択的に除去する。なお、機械研磨によって、キレート膜106の凸部を除去する場合に、予め電解液ELに第10実施形態に記載のような研磨スラリーを含ませていても良い。また、当該キレート膜の機械的強度は非常に小さいため、基板101に振動を与えることによってもキレート膜106を容易に除去することができる。このとき、電気抵抗の低い配線用層105の凸部が電解液中に露出するため、配線用層105から電解液ELを通じて陰極部材Eへ流れる電流値は増加する。

【0217】次に、図26(k)に示すように、被研磨層の一領域において、陰極部材Eを対向させて電圧を印加すると、電解液中に露出した配線用層105の凸部は、電気抵抗が低いこと、および陰極部材Eとの距離が短いことから集中的に陽極酸化され、陽極酸化された銅は、キレート化される。上記のように陰極部材Eを移動させて、他領域においても陽極酸化とキレート化を同様に行い、再び配線用層105の全面を陽極酸化とキレート化する。

【0218】その後、キレート膜106の凸部を上述したワイピングあるいは機械研磨などにより、選択的に除去し、露出した配線用層105が集中的に陽極酸化およびキレート化され、当該キレート膜106の凸部を選択的に除去する工程を繰り返す。配線用層105から電解液ELを通じて陰極部材Eへ流れる電流値は、キレート膜106の除去とともに増加し、キレート膜106の形成と同時に低下するという状態を繰り返す。

【0219】上述のような陰極部材Eを移動させながらの被研磨面全面における陽極酸化およびキレート化と、凸部における選択的なキレート膜の除去を繰り返した結果、図27(1)に示すように、配線用層105が平坦化する。平坦化された当該配線用層105表層においても、上記の陽極酸化とキレート化を全面に繰り返すことによりキレート膜106が形成される。

【0220】次に、図27(m)に示すように、平坦化

された配線用層105の全面について、陽極酸化によるキレート生成およびキレート膜の除去工程を、バリアメタル膜103上の余分な配線用層105がなくなるまで続ける。

【0221】次に、図27(n)に示すように、当該配線用層105の全面を例えば上述したワイピング、機械研磨などにより除去し、バリアメタル膜103の表面を露出させる。

【0222】上記の配線用層105の陽極酸化によるキレート生成およびキレート膜の除去による平坦化研磨は、除去すべき量の配線用層105を除去するまで行う。ここで、一領域において除去すべき配線用層105の量は、予め別工程で配線用層の膜厚測定器により得た膜厚データから算出しておくか、あるいは上記の研磨工程と同時に測定して算出する。

【0223】さらにまた、陽極酸化の電解電流を測定し、この電解電流を残存する除去すべき配線用層の量に相関する量として取り扱うことも可能である。例えば、キレート膜106除去後の電解電流をモニターしていると、配線用層105より電気抵抗の高いバリアメタル膜103が露出する時点で、キレート膜106除去後の電流値の値が低下し始める。従って、キレート膜除去後の電流値が低下し始めた時点で、電圧を印加するのを停止し、陽極酸化によるキレート化の進行を止める。

【0224】以降の工程として、コンタクトホールおよび配線用溝の外部に堆積されたバリアメタル膜を除去する。以上の工程により、デュアルダマシン法により半導体装置に好適なコンタクト接続および銅配線を同時に形成することができる。

【0225】本実施形態の銅配線を有する半導体装置のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスに適用した研磨方法によれば、被研磨面にメッキされた配線用層の厚さばらつきを予め測定して得た条件で必要な除去量分布を設定し、それに従って、過不足のない除去量で配線形成に必要な配線用層の研磨除去をすることができる。

【0226】また、部分的なキレート化による除去が被研磨面上に重畠することでの成る被研磨面全面の実際の除去量分布が、上記で設定した除去量分布に一致するよう陰極部材を移動させることで、被研磨面全面において過不足のない除去量で配線形成に必要な配線用層の研磨除去をすることができる。

【0227】さらに、被研磨面上の配線用層の研磨除去を、陽極酸化によるキレート化およびキレート膜の除去により行うので、CMP法などのように配線用層に圧力がかからず、配線用層のスクラッチの発生や、下層の層間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。また、キレート膜の除去にワイピングを用いる場合にも、配線用層にかかる圧力は上記の従来の化学機械研磨よりも非常に小さく、配線用層のスクラッチの発生や、下層の層

間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。供給する電解液に研磨スラリーを含有させることで、上記キレート膜を化学機械研磨による研磨を行うことができ、研磨効率を向上あるいは補助することができる。

【0228】また、上記の陽極酸化によるキレート化およびキレート膜の除去による研磨除去においては、配線用層の表面に形成された凹凸において、凸部から選択的に除去できるので、効率的に平坦化できる。

【0229】上記のように、本発明の研磨方法によれば、配線用層を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な配線用層の除去効率に優れ、配線用層の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

【0230】また、本実施形態において、電解液中に、ポリオキシエチレンアルキルエーテルあるいはアルキルベンゼンスルホン酸塩などの界面活性剤を含有させることも好ましく行われる。図28に示すように、電解液中の界面活性剤SAは、銅膜からなる配線用層の表面に形成された不溶性のキレート106'を包み込んでミセル化する。形成される不溶性錯体ミセルZは、配線用層の表面から容易に遊離することが可能であり、このように不溶性錯体をミセル化することでキレート膜の除去がより容易となり、さらに凸部からの選択的除去が容易に可能となる。

【0231】上記の配線用層の研磨工程に用いる研磨装置としては、実質的に上記の第2～第11実施形態において説明した研磨装置と実質的に同様な装置を用いることができる。但し、上記の各研磨装置において、供給する電解液としてキレート剤を含有する電解液、あるいはさらに界面活性剤を含有する電解液を用い、陰極部材に対向する被研磨面において電解溶出ではなく陽極酸化を行なうことが異なる。被研磨面の表層部分が陽極酸化されると、電解液中のキレートと反応してキレート膜が形成され、上記のような方法により機械的強度の弱いキレート膜の除去により研磨を行うことができる。

【0232】また、例えば、図11に示す陰極部材に所定の距離を離間して陽極部材を設ける装置や、図18に示すポリシングリングホイールを組み合わせた装置にも適用することができる。但し、スクラバやポリシングリングホイールを備えた装置において、ポーラスシリカなどの機械的強度が低い絶縁膜上の配線用層を研磨する場合には、通常の化学機械研磨のような圧力をスクラバやポリシングリングホイールにより印加することは好ましくなく、ワイピング程度の圧力を抑えることが好ましい。

【0233】また、例えば、第10実施形態のように、電解浴タンクT底部に溜まつた電解液をフィルタFをしてシェットポンプPにより吸い上げ、電解液供給ソズル30から再供給する場合には、電解液中の不溶性キレートやそのミセルなどの不要成分を除去し、例えばキナ

ルシン酸などの消費されて不足する成分を補充添加することができる。

【0234】本実施形態において、上記のように第2～第11実施形態に記載の研磨装置を用いることができ、第2～第11実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0235】第13実施形態

図29は、上記の配線用層の形成工程などに用いるメッキ装置の構成を示す模式図である。即ち、本実施形態のメッキ装置は、被メッキ面に銅膜を堆積させる被メッキウェーハW（以下ウェーハとも言う）を戴置する基台10と、基台10に設けられてた真空チャックなどの固定手段11と、算出部22と、制御部23と、コントロールパネル24と、電源25と、電流計26と、陽極部材E' と、陽極部材Eの移動機構27と、電解メッキ液ELを収容する電解メッキ浴タンクTとを備える。

【0236】ウェーハWは、例えば回転駆動可能な基台10に真空チャックなどの固定手段11により固定される。固定手段としては、真空チャックのほか、エッジ全周クランプ式、爪型メカニカルクランプ式などを用いることができる。なお、エッジ全周クランプ式の場合は陰極となるウェーハへの通電はこのウェーハエッジ全周に接地するクランプ部分より通電することができる。ウェーハWは基台10ごと電解メッキ浴タンクT中の電解メッキ液EL中に浸漬される。

【0237】例えば基台10を回転駆動させながら、ウェーハWの被メッキ面よりも相対的に小さな陽極部材E'が、被メッキ面の一領域に対向するように配置され、ウェーハの被メッキ面であるバリアメタル層を陰極とし陽極部材E'を陽極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加される。

【0238】上記の電圧が印加されると、被メッキ面の一領域においてメッキ処理がなされる。このときの電解メッキ電流を電流計26によりモニターし、算出部22に出力する。算出部22において、入力された電流値を累積（積分）し、得られた電流値の積分値が制御部23に出力される。制御部23において、上記電流値の積分値と予め設定された所定値を比較し、当該所定値に至った時点で、必要な膜厚の銅膜が成膜されたと判定し、当該被メッキ面の一領域におけるメッキ処理を終了して、移動機構27により陽極部材E'を被メッキ面の一領域から他領域へ移動させるように制御する。また、制御部23はコントロールパネル24により外部入力可能となっている。

【0239】例えば、電解メッキ電流の電流値プロファイルは図30(a)に示すように、時刻t<sub>1</sub>において電解メッキ反応を開始すると、電流値は急激に立ち上がり、以降は変動幅の範囲内で一定の電流値をとる。図30(b)は、上記の電流値を積分したグラフである。電流積分値は、堆積した膜厚に略比例する値となる。時刻

t<sub>1</sub>において電解メッキ反応を開始すると、積分値はゆるやかに立ち上がり、単調に増加する。ここで、積分値が所定の膜厚に相当する設定値Vに達した時点で、電圧の印加を停止してこの領域でのメッキ処理を終了する。

【0240】上記のようにウェーハWを回転駆動させながら移動機構27により陽極部材E'を一方向（図面上X方向）に掃引させて、被メッキ面全体に電解メッキ処理が施される。移動機構27による陽極部材E'の移動は、連続的あるいはステップ的とすることができる。

【0241】なお、図示しないが、上記のメッキ装置はクリーンルーム内に設置され、当該クリーンルーム内には、被メッキ対象物のウェーハを収納したウェーハカセットを搬出入する搬出入ポートが設けられている。さらに、この搬出入ポートを通じてクリーンルーム内に搬入されたウェーハカセットとメッキ装置との間でウェーハの受け渡しを行うウェーハ搬送ロボットが搬出入ポートとメッキ装置の間に設置される。

【0242】上記本実施形態に係るメッキ装置およびこれを用いたメッキ方法は、堆積中のメッキ膜に相当する電解メッキ電流の積分値を測定しながらメッキ処理を行い、それに従って、過不足のない堆積量で必要な銅膜の形成をすることができる。また、部分的な堆積量が被処理面上に重複することで成る被メッキ面全面の実際の堆積量分布が、上記で設定した堆積量分布に一致するよう陰極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない堆積量で銅膜の形成をすることができる。上記のように、半導体装置の配線形成工程などにおいて、銅膜を平坦に堆積することが可能である。

【0243】第14実施形態  
上記の第13実施形態においては、堆積中のメッキ膜に相当する電解メッキ電流の積分値を測定しながらメッキ処理を行い、これをもとに陰極部材の移動を行っているが、本実施形態は、メッキ膜の膜厚相当データを測定しながら、メッキ処理を行う方法である。

【0244】図31は、本実施形態に係るメッキ装置の模式図である。即ち、本実施形態のメッキ装置は、被メッキ面に銅膜を形成する被メッキウェーハW（以下ウェーハとも言う）を戴置する基台10と、基台10に設けられてた真空チャックなどの固定手段11と、測定ヘッド20を備えた測定手段21と、算出部22と、制御部23と、コントロールパネル24と、電源25と、電流計26と、陽極部材E' と、陽極部材Eの移動機構27と、電解メッキ液ELを収容する電解メッキ浴タンクTとを備える。

【0245】ウェーハWは、例えば回転駆動可能な基台10に真空チャックなどの固定手段11により固定され、ウェーハWは基台10ごと電解メッキ浴タンクT中の電解メッキ液EL中に浸漬され、測定ヘッド20および陽極部材E'が被メッキ面の一領域に対向して配置される。

【0246】ウェーハの被メッキ面であるバリアメタル層を陰極とし陽極部材E'を陽極とするように、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加されると、被メッキ面の一領域において電解メッキがなされる。

【0247】ここで、上記の測定手段21により、膜厚あるいは膜厚相当データを測定しながら、同時に電解メッキを行う。

【0248】膜厚あるいは膜厚相当データの測定は、測定ヘッド20を備えた測定手段21により行う。銅膜の膜厚の測定は、例えば四探針式シート抵抗計によりシート抵抗を測定し、既知のシート抵抗値から膜厚に換算する方法、渦電流式測定器や静電容量式測定器により膜厚に相当するデータを測定する方法などを用いることができる。

【0249】得られた銅膜の膜厚相当データから、算出部22においてこの後に堆積すべき銅膜の量を算出され、制御部23に出力される。制御部23は、上記入力から堆積すべき銅膜の量を設定し、それに従って電源25の出力する電圧や陽極部材E'の移動機構27を制御する。また、制御部23はコントロールパネル24により外部入力可能となっている。例えば、膜厚あるいは膜厚相当データの測定結果から、堆積量が必要な膜厚に達したと判定された場合には、移動機構27により陽極部材E'を一方向（例えば図面上X方向）に、連続的あるいはステップ的に移動させる。このとき、測定ヘッド20も陽極部材E'とともに移動される。上記の工程を被メッキ面全面に行うことで、被メッキ面全面を均一に電解メッキすることができる。

【0250】上記以外の構成および動作などは、第13実施形態と同様に実施することが可能であり、第13実施形態と同様の効果を享受できる。

#### 【0251】第15実施形態

図32は、上記の配線用層の電解メッキ工程などに用いるメッキ装置の構成を示す模式図である。即ち、本実施形態のメッキ装置は、被メッキ面に銅膜を堆積する被メッキウェーハWを戴置する基台10と、基台10に設けられた真空チャックなどの固定手段11と、測定ヘッド20を備えた測定手段21と、算出部22と、制御部23と、コントロールパネル24と、電源25と、電流計26と、陽極部材E' と、陽極部材E' の移動機構27と、電解液ELを収容する電解浴タンクTとを備える。

【0252】ウェーハWは、例えば基台10に真空チャックなどの固定手段11により固定される。測定ヘッド20を備えた測定手段21により被メッキ面の表面高さが測定される。表面高さの測定は、例えば被メッキ面に對向する測定ヘッド20をXY方向に掃引することで行われる。

【0253】得られた表面高さデータから、算出部22

において堆積すべき銅膜の量を算出され、制御部23に出力される。制御部23は、上記入力から堆積べき銅膜の量を設定し、それに従って電源25の出力する電圧や陽極部材E'の移動機構27を制御する。また、制御部23はコントロールパネル24により外部入力可能となっている。

【0254】電解メッキが行われる工程においては、ウェーハWは基台10ごと電解メッキ浴タンクT中の電解メッキ液EL中に浸漬される。ウェーハWの被メッキ面よりも相対的に小さな陽極部材E'が、被メッキ面の一領域に対向するように配置されている。陽極部材E'は、電解メッキ液中にウェーハに平行に配置されている。

【0255】上記のウェーハエッジ全周に接地するクランプ部分などによる通電により、ウェーハの被メッキ面である銅膜を陽極とし陽極部材E'を陰極とするよう、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加される。

【0256】上記の電圧が印加されると、被メッキ面の一領域において電解メッキがなされる。制御部23は、設定された堆積すべき膜厚分布に従い、当該一領域におけるメッキすべき膜厚が堆積させたと判定したら、移動機構27により陽極部材E'をXY方向に掃引させて、被メッキ面全体に電解メッキ処理が施される。移動機構27による陽極部材E'の移動は、連続的あるいはステップ的とすることができる。

【0257】上記の電源25が陰極および陽極に印加する電圧や移動機構27の制御は、上記で設定された堆積すべき銅膜の量に従って、制御部23により行われる。例えば、移動機構27により陽極部材E'を連続的に移動する場合、上記で設定された堆積すべき銅膜の量に応じて、陽極部材E'の移動速度を制御することができる。移動速度が遅い領域では、陽極部材E'と被メッキ面が対向する時間が長くなり、電解メッキ時間が長くなつて、より多くの量の銅膜を電解メッキにより堆積することができる。一方、移動速度が速い領域では、陽極部材E'と被メッキ面が対向する時間が短くなり、電解メッキ時間が短くなつて、成膜量は少なくなる。

【0258】例えば、被メッキ面の表面高さの測定結果が、図33(a)に示すグラフのようである場合、(図面上は面内の一方向に対するプロファイルを1次元で示している)、即ち、ウェーハ端部EDから中央部CTにかけて細かい凹凸が形成されている場合、堆積すべき銅膜の量(堆積量)は、図33(b)に示すように図33(a)と同様のプロファイルとなる。この場合の電極移動速度は、図33(c)に示すように、堆積量の少ない部分で速く移動するように、また、堆積量の多い部分で遅く移動するように制御する。

【0259】本実施形態のメッキ装置においては、陽極部材E'が被メッキ面の凹凸の大きさ程度に小さくなつ

ていることから、被メッキ面の凹凸に合わせた微細な陰極部材の移動と電圧の印加が可能となっている。

【0260】上記以外の構成および動作などは、第13および第14実施形態と同様に実施することが可能であり、第13および第14実施形態と同様の効果を享受できる。

【0261】本発明は上記の実施の形態に限定されない。例えば、銅膜の研磨あるいはメッキ処理は、配線用途以外の用途に用いることができる。また、銅以外の材料の研磨あるいはメッキ処理に適用することも可能である。キレート剤の種類や陰極部材あるいは陽極部材などの材質は特に限定されない。さらに、本発明は半導体装置の製造工程以外の工程における銅膜の研磨方法、研磨装置、メッキ方法およびメッキ装置として適用できる。また、実施形態における半導体装置の製造に限定されず、銅膜の平坦化以外の工程であるコンタクトホールあるいは配線用溝の形成工程やバリアメタル層の形成工程などは適宜変更可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0262】

【発明の効果】本発明の研磨方法によれば、被処理面にメッキされた被研磨膜の厚さのばらつきを予め測定して得た条件で必要な除去量分布を設定し、それに従って、過不足のない除去量で配線形成に必要な被研磨膜の研磨除去をすることができる。特に研磨処理を時間管理によらず、インライン管理で行うことができる。また、部分的な除去量が被処理面上に重複することで成る被処理面全面の実際の除去量分布が、上記で設定した除去量分布に一致するように陰極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない除去量で配線形成に必要な被研磨膜の研磨除去をすることができる。さらに、被処理面上の被研磨膜の研磨除去を電解溶出により行うので、CMP法などのように被研磨膜に圧力がかからず、被研磨膜のスクラッチの発生や下層の層間絶縁膜へのダメージを抑制することができる。また、上記の電解溶出による研磨除去においては、被研磨膜の表面に形成された凹凸において、凸部のみ選択的に電解溶出されるので、効率的に平坦化できる。上記のように、本発明の研磨方法によれば、被研磨膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な被研磨膜の除去効率に優れ、被研磨膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

【0263】本発明の研磨装置によれば、1ヘッドのコンパクトな設計で、上記の本発明の研磨方法により被処理面上の被研磨膜を研磨処理することができ、被研磨膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な被研磨膜の除去効率に優れ、被研磨膜の下層の層間絶縁膜などへのダメージを抑制することが可能である。

【0264】本発明のメッキ方法によれば、メッキしよ

うとする被処理面の表面高さを予め測定する、あるいはメッキ処理を行ながらメッキ膜厚データを測定することにより、得られた条件で必要な堆積量分布を設定し、それに従って、過不足のない堆積量で必要なメッキ膜の形成をすることができる。また、部分的な堆積量が被処理面上に重複することで成る被処理面全面の実際の堆積量分布が、上記で設定した堆積量分布に一致するように陽極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない堆積量で被研磨膜の形成をすることができる。上記のように、半導体装置の配線形成工程などにおいて、メッキ膜を平坦に堆積することが可能である。

【0265】本発明のメッキ装置によれば、メッキしようとする被処理面の表面高さを予め測定する、あるいはメッキ処理を行ながらメッキ膜厚データを測定することにより、得られた条件で必要な堆積量分布を設定し、それに従って、過不足のない堆積量で必要なメッキ膜の形成をすることができる。また、部分的な堆積量が被処理面上に重複することで成る被処理面全面の実際の堆積量分布が、上記で設定した堆積量分布に一致するように陽極部材を移動させることで、被処理全面において過不足のない堆積量でメッキ膜の形成をすることができる。上記のように、半導体装置の配線形成工程などにおいて、メッキ膜を平坦に堆積することが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、第1実施形態に係る半導体装置の製造方法の製造工程を示す断面図であり、(a)は半導体基板への絶縁膜形成工程まで、(b)はコンタクトホールおよび配線用溝の形成工程まで、(c)はバリヤ膜の形成工程までを示す。

【図2】図2は、図1の続きの工程を示し、(d)はシード膜としての銅膜の形成工程まで、(e)は銅膜の形成工程までを示す。

【図3】図3は、図2の続きの工程を示し、(f)および(g)は銅膜の一領域における電解溶出の工程までを示す。

【図4】図4は、図3の続きの工程を示し、(h)および(i)は銅膜の他領域における電解溶出の工程までを示す。

【図5】図5は、第2実施形態に係る研磨装置の模式図である。

【図6】図6(a)は第2実施形態に係る研磨方法の銅膜厚プロファイル、(b)は除去量プロファイル、(c)は電極移動速度プロファイルである。

【図7】図7(a)は、第2実施形態に係る研磨装置の要部を拡大した模式図であり、(b)は(a)中X部の拡大図である。

【図8】図8(a1)および(b1)は、第3実施形態に係る研磨装置の陰極部材の平面図であり、(a2)および(b2)は上記陰極部材を被研磨面に対向させたときの断面図であり、(c)は陰極部材の移動方法を示す

模式図である。

【図9】図9は第4実施形態に係る研磨装置の陰極部材の(a)断面図および(b)平面図である。

【図10】図10(a)、(b)および(c)は第4実施形態に係る研磨装置を用いて研磨する方法を説明する断面図である。

【図11】図11(a)は第5実施形態に係る研磨装置の陰極部材の構成図であり、図11(b)はこの研磨装置を用いて研磨する方法を説明する構成図である。

【図12】図12(a)および(b)は第5実施形態に係る研磨装置を用いて研磨する方法を説明する構成図である。

【図13】図13(a)は第6実施形態に係る研磨装置の模式図であり、(b)はこの研磨装置においてモニタする電流値プロファイルである。

【図14】図14は第7実施形態に係る研磨装置の模式図である。

【図15】図15は第8実施形態に係る研磨装置の模式図である。

【図16】図16(a)は第8実施形態に係る研磨方法の銅膜厚プロファイル、(b)は除去量プロファイル、(c)は電極移動速度プロファイルである。

【図17】図17は第9実施形態に係る研磨装置の模式図である。

【図18】図18(a)は第10実施形態に係る研磨装置の模式図であり、(b)はこの研磨装置のウェーハとポリシングリングホイールの動作を説明する平面図である。

【図19】図19は第11実施形態に係る研磨装置のポリシングリングホイールの構成を示す(a)断面図および(b)平面図と、(c)このポリシングリングホイールを用いるときの動作を説明する断面図である。

【図20】図20は第11実施形態に係る研磨装置のポリシングリングホイールの陰極部材と陽極部材に電圧を印加する配線構成の例を示す(a)平面図および(b)模式断面図である。

【図21】図21(a)～(c)は第11実施形態に係るポリシングリングホイールの陰極部材と陽極部材のレイアウト例である。

【図22】図22(a)～(c)は第11実施形態に係るポリシングリングホイールの陰極部材と陽極部材のレイアウト例である。

【図23】図23(a)、(b)は第11実施形態に係るポリシングリングホイールの陰極部材と陽極部材のレイアウト例である。

【図24】図24は、第12実施形態に係る半導体装置の製造方法の製造工程を示す断面図であり、(f)および(g)は銅膜の一領域における陽極酸化およびキレート化工程までを示す。

【図25】図25は、図24の続きの工程を示し、

(h)および(i)は銅膜の他領域における陽極酸化およびキレート化工程までを示す。

【図26】図26は、図25の続きの工程を示し、(j)は凸部のキレート膜の除去工程まで、(k)はキレート膜の再形成工程までを示す。

【図27】図27は、図26の続きの工程を示し、(l)は銅膜の平坦化工程まで、(m)は余分な銅膜の除去工程まで、(n)はバリヤ膜の露出工程までを示す。

【図28】図28は、第12実施形態において電解液中に界面活性剤を添加したときのミセル化の様子を説明する模式図である。

【図29】図29は第13実施形態に係るメッキ装置の模式図である。

【図30】図30(a)は第13実施形態に係るメッキ装置においてモニタする電流値プロファイルであり、(b)は電流積分値である。

【図31】図31は第14実施形態に係るメッキ装置の模式図である。

【図32】図32は第15実施形態に係るメッキ装置の模式図である。

【図33】図33(a)は第15実施形態に係るメッキ方法の被メッキ面の表面高さプロファイル、(b)は堆積量プロファイル、(c)は電極移動速度プロファイルである。

【図34】図34は、従来例に係るデュアルダマシン法による銅配線の形成方法の製造工程を示す断面図であり、(a)は層間絶縁膜の形成工程まで、(b)は配線用溝およびコンタクトホールの形成工程まで、(c)はバリアメタル膜の形成工程までを示す。

【図35】図35は、図34の続きの工程を示し、(d)はシード膜の形成工程まで、(e)は配線用層の形成工程まで、(f)は配線形成工程までを示す。

【図36】図36は、CMP法による銅膜研磨工程において発生するディッシングを説明するための断面図である。

【図37】図37は、CMP法による銅膜研磨工程において発生するエロージョンを説明するための断面図である。

【図38】図38は、CMP法による銅膜研磨工程において発生するリセスを説明するための断面図である。

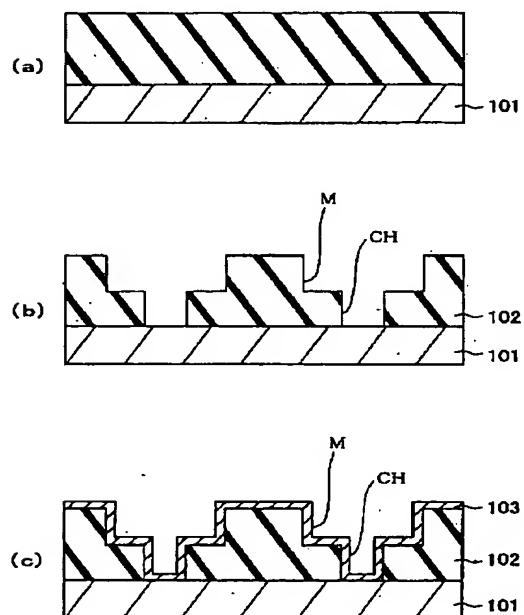
【図39】図39は、CMP法による銅膜研磨工程において発生するスクラッチおよびケミカルダメージを説明するための模式的斜視図である。

#### 【符号の説明】

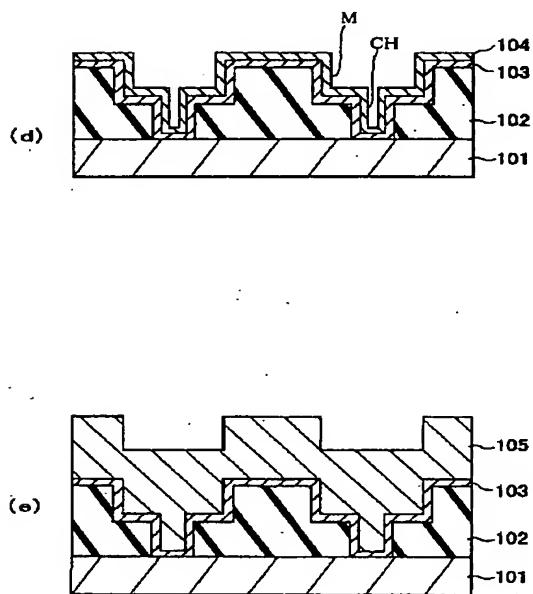
10…基台、11…固定手段、20…測定ヘッド、21…測定手段、22…算出部、23…制御部、24…コントロールパネル、25…電源、26…電流計、27…移動機構、30…電解液供給ノズル、31…スクラバ、32…ポリシングヘッド、33…ポリシングリングホイ

ル、34…主軸、35a…端子、35b…リング状端子、36…ホールホルダ、37…端子ホルダ、37a…ネジ、38…コンタクトプローブ、39a、39b…端子、40a、40b…導電性ネジ、41…樹脂カバー、42…樹脂ネジ、101、301…半導体基板、102、302…層間絶縁膜、103、305…バリアメタル膜、104、306…シード膜、105、307…銅膜、106…キレート膜、106'…キレート、30\*

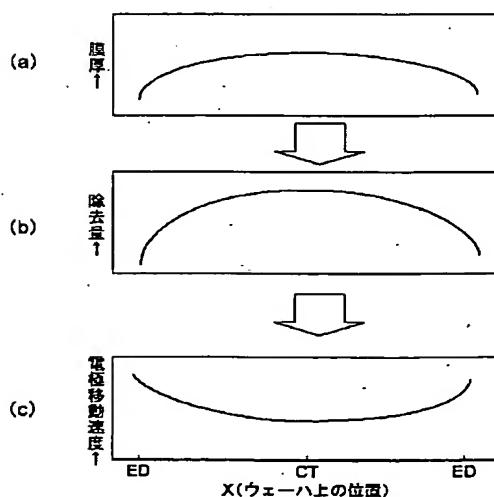
【図1】



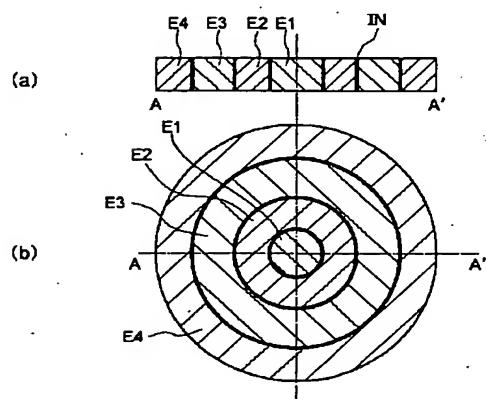
【図2】



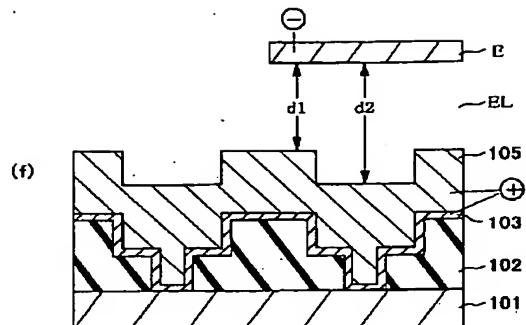
【図6】



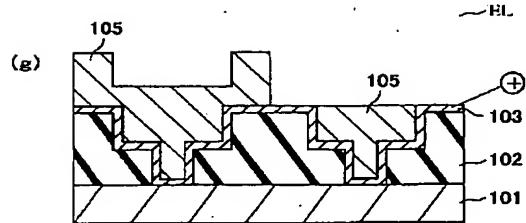
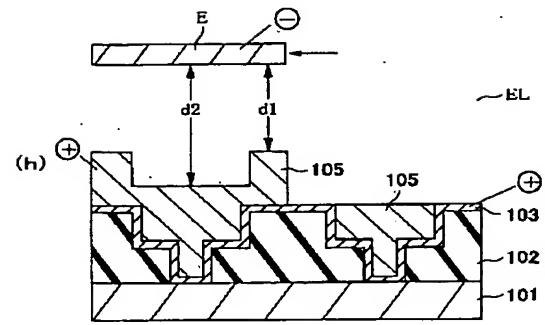
【図9】



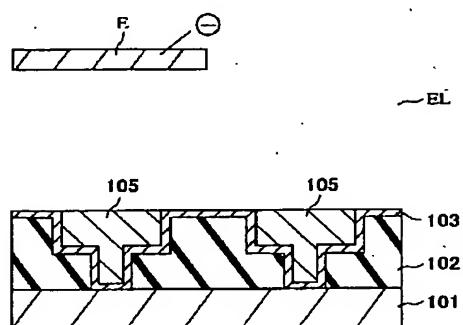
【図3】



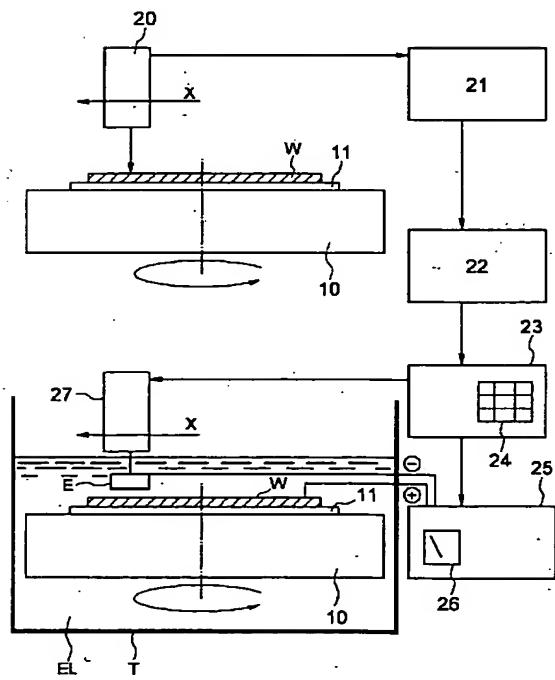
【図4】



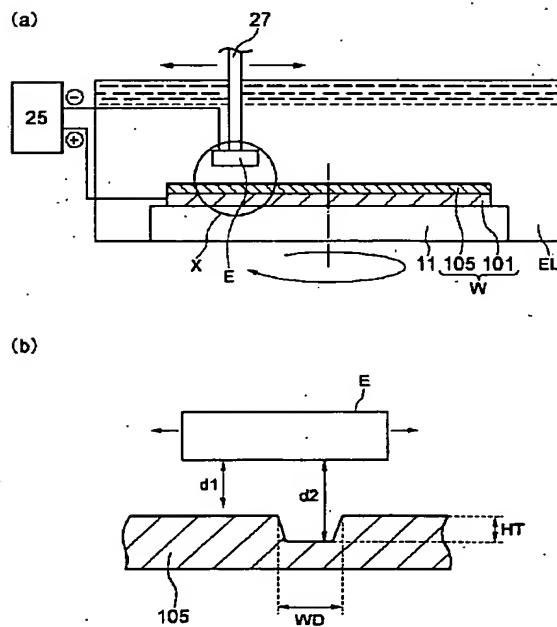
(i)



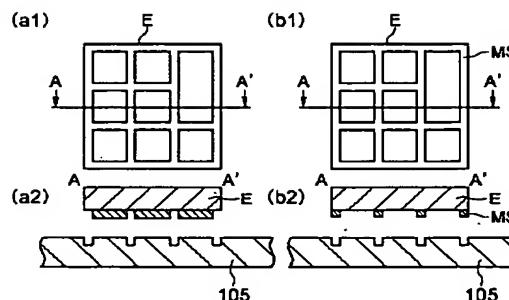
【図5】



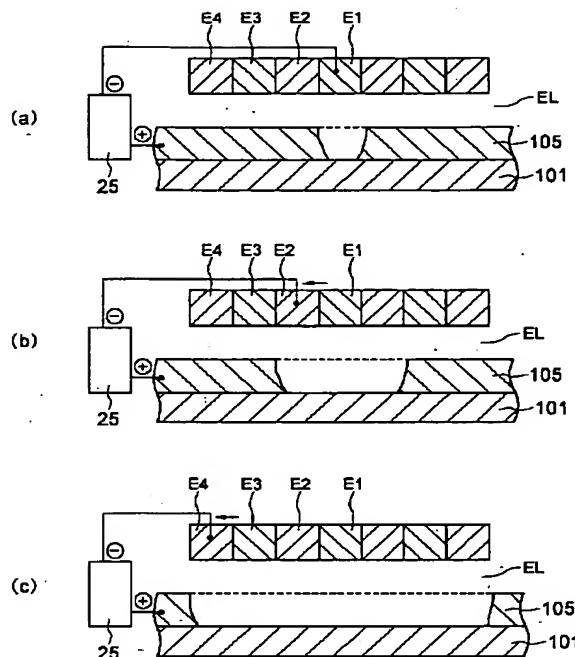
【図7】



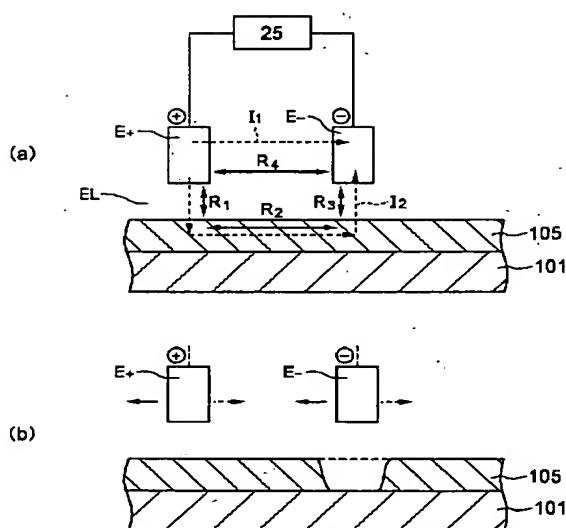
【図8】



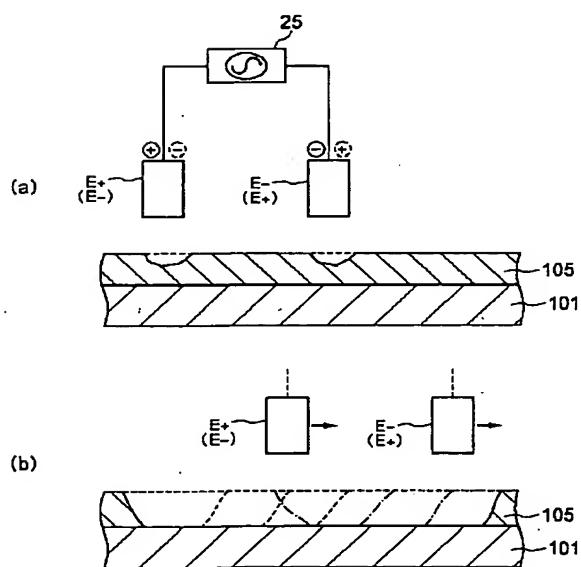
【図10】



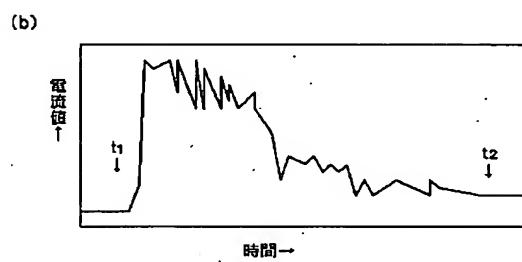
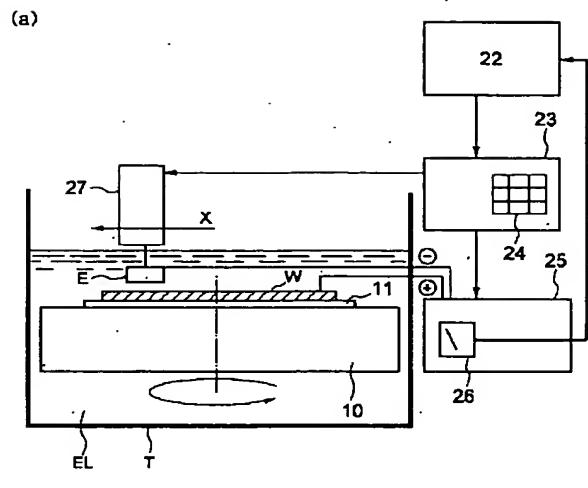
【図11】



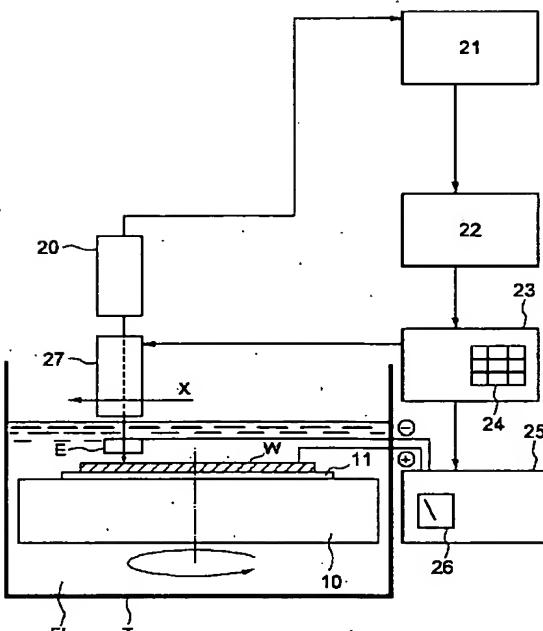
【図12】



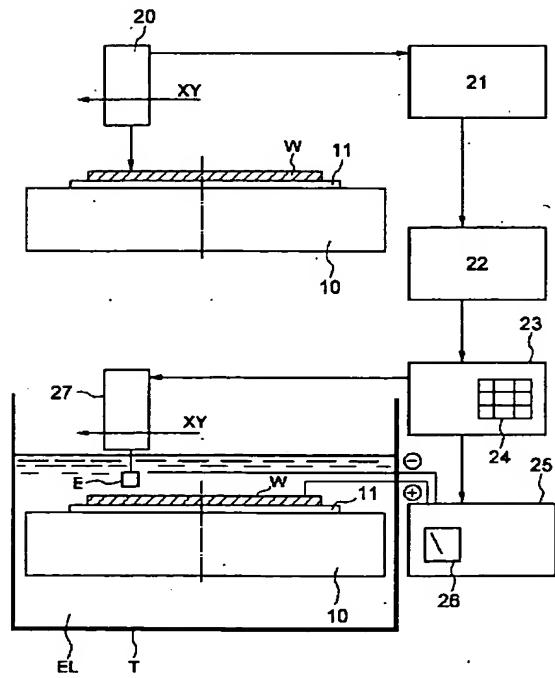
【図13】



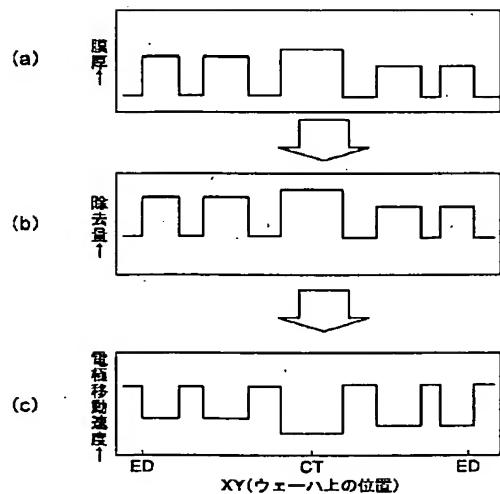
【図14】



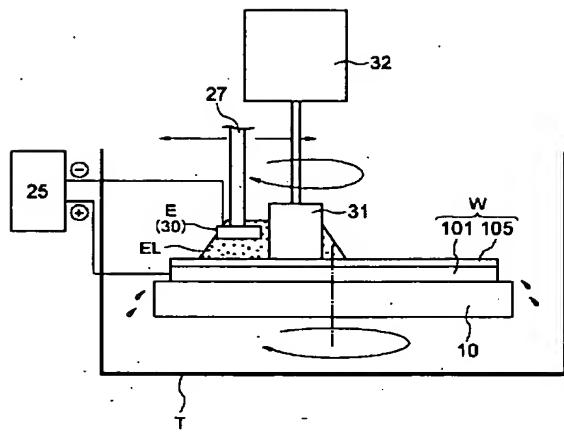
【図15】



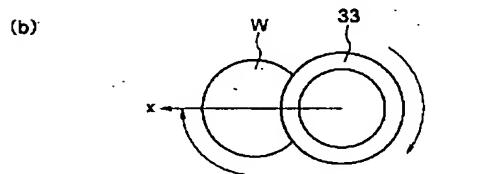
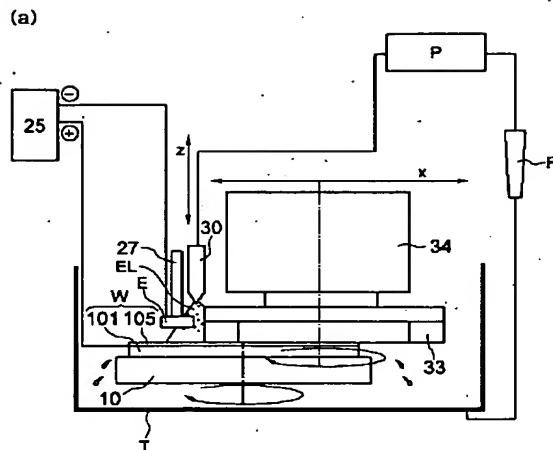
【図16】



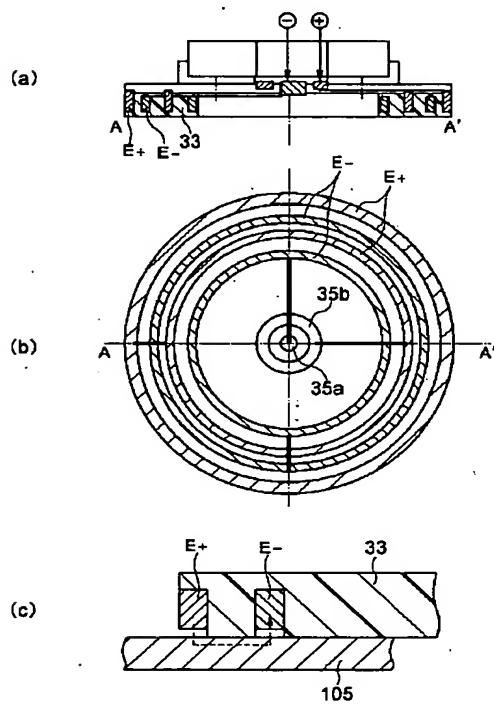
【図17】



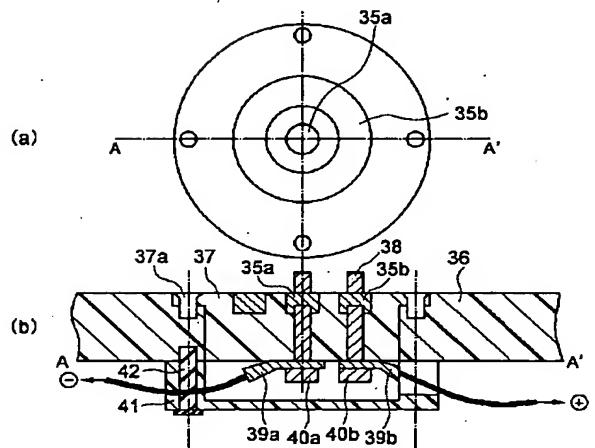
【図18】



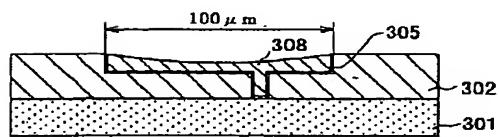
【図19】



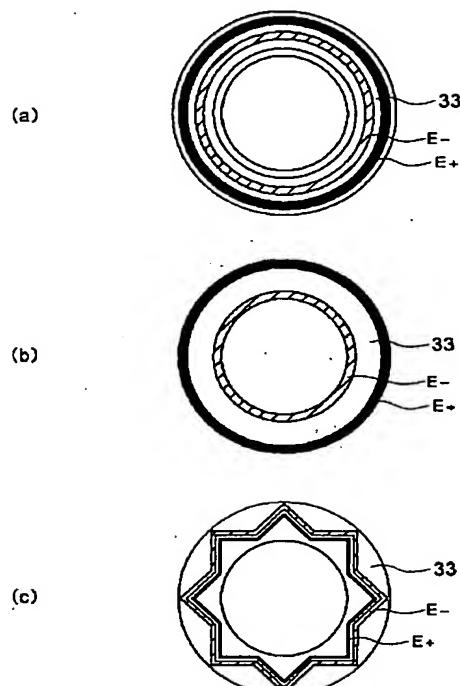
【図20】



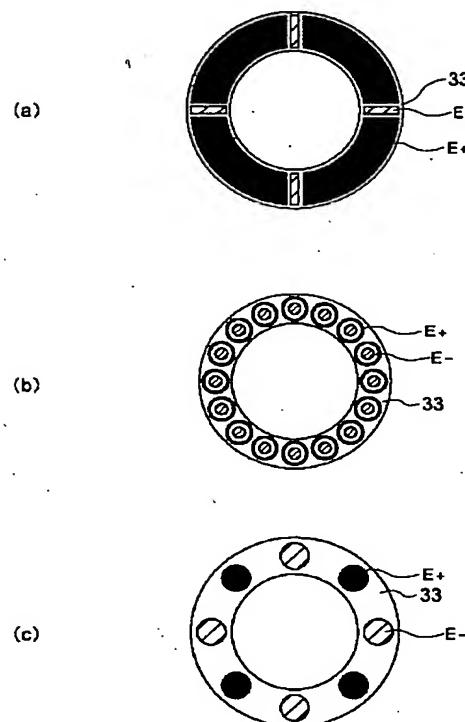
【図36】



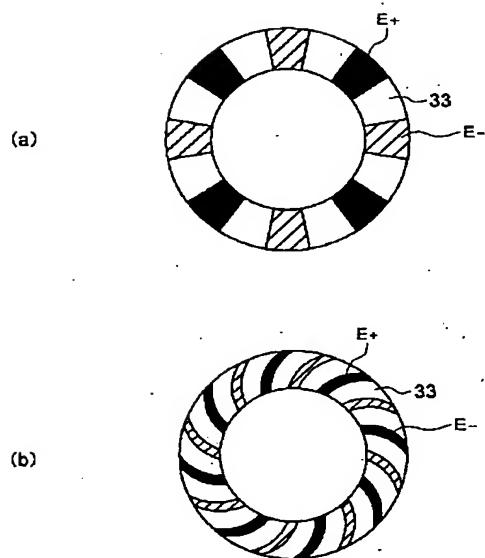
【図21】



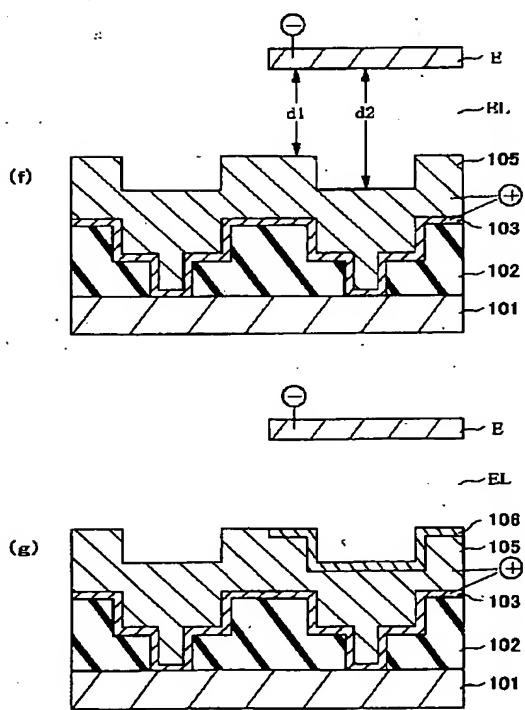
【図22】



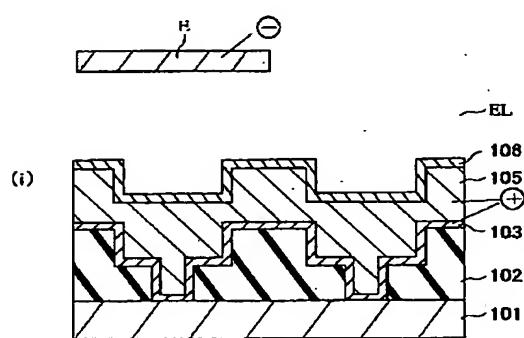
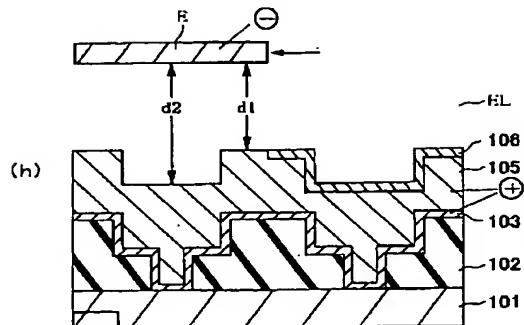
【図23】



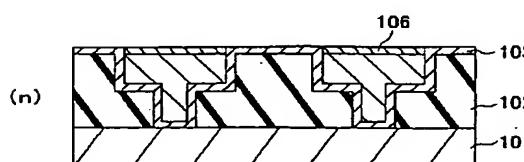
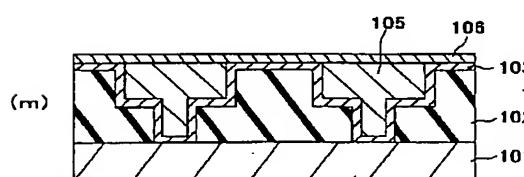
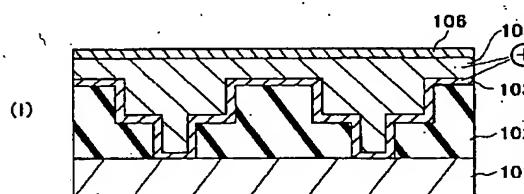
【図24】



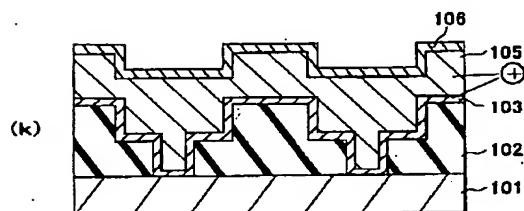
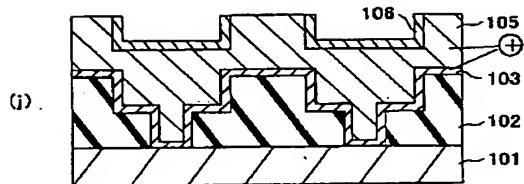
【図25】



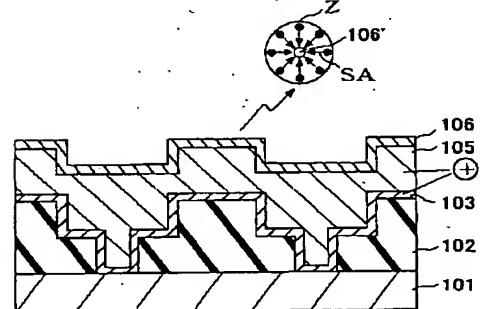
【図27】



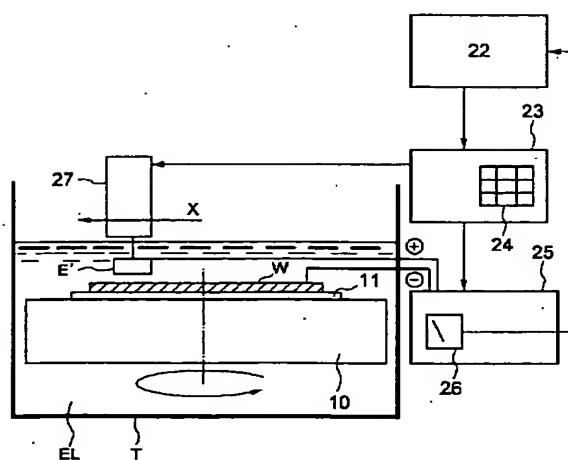
【図26】



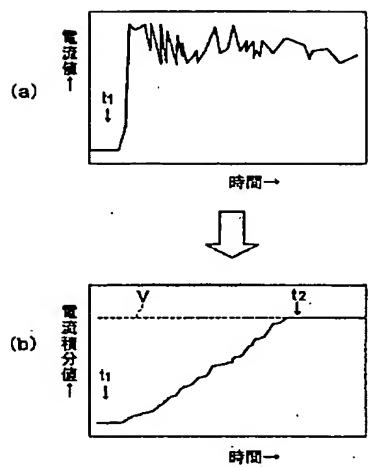
【図28】



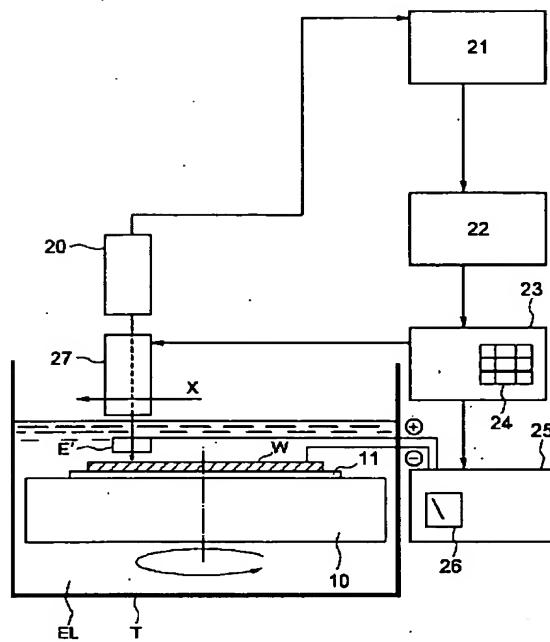
【図29】



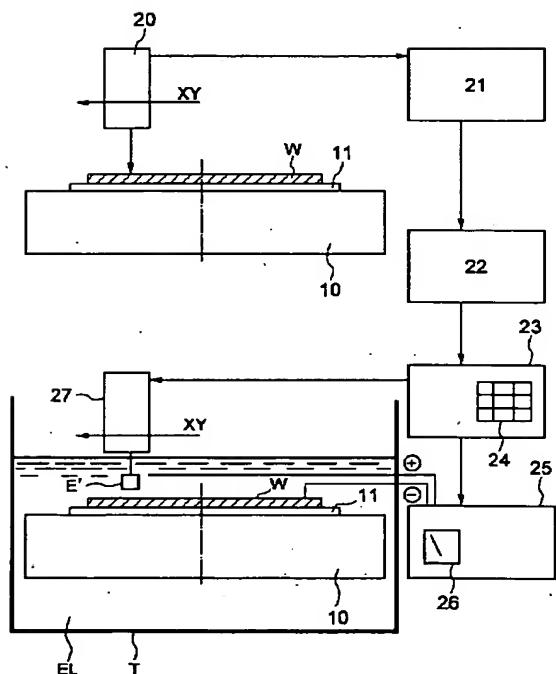
【図30】



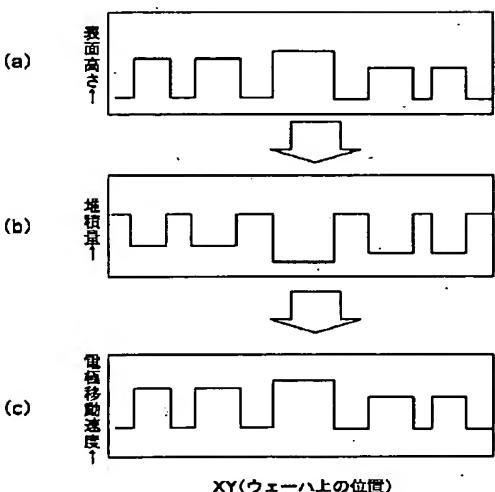
【図31】



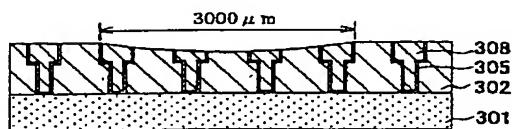
【図32】



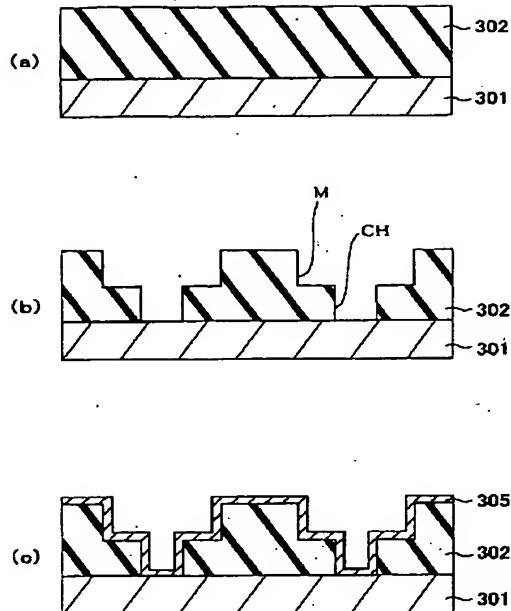
【図33】



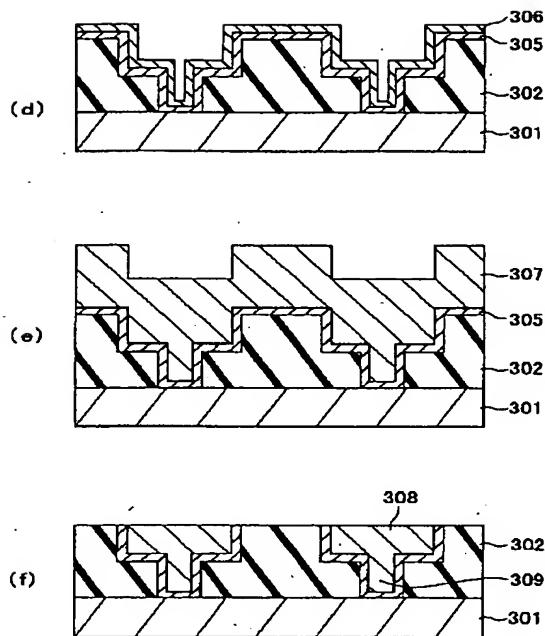
【図37】



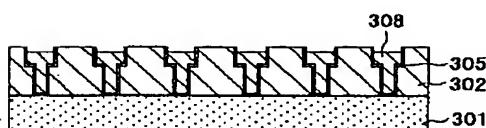
【図34】



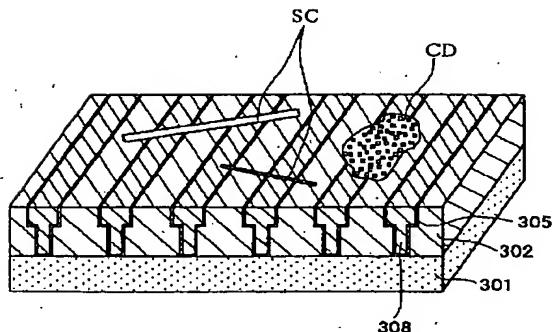
【図35】



【図38】



【図39】



## 【手続補正書】

【提出日】平成13年9月13日(2001.9.13)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項54

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項54】上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記電解研磨の電解電流を測定し、

上記制御手段により、上記被研磨面の一領域において、

上記電解研磨の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する請求項50に記載の研磨装置。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項55

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項55】上記制御手段により、上記電解研磨の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における

る電解研磨を終了するように制御する請求項5 4に記載の研磨装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項6 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項6 6】上記制御手段が、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する請求項6 5に記載の研磨装置。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項7 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項7 3】上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定し、

上記制御手段により、上記被研磨面の一領域において、上記陽極酸化の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する請求項6 7に記載の研磨装置。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項7 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項7 4】上記制御手段により、上記陽極酸化の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における陽極酸化を終了するように制御する請求項7 3に記載の研磨装置。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項8 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項8 6】上記一領域における陽極酸化の電解電流を測定する電流計をさらに有する請求項6 7に記載の研磨装置。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項8 8

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項8 8】被処理面にメッキ膜を堆積する被処理対象物のメッキ方法であって、

上記被処理対象物上における被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データを測定する工程と、

上記被処理面に対して相対的に小さな陽極部材を上記被

処理面の一領域に対向させ、少なくとも上記被処理面の一領域と上記陽極部材の間に電解メッキ液を介在させた状態で、上記陽極部材を陽極とし上記被処理面を陰極として電圧を印加して、上記表面高さデータあるいは上記測定時点におけるメッキ膜厚データから得られるこの後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで、上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により堆積させる工程とを有し、

上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動し、該他領域においてメッキ処理して上記メッキ膜を堆積させることを上記被処理面全体に対して繰り返すメッキ方法。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項9 0

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項9 0】被処理面にメッキ膜と堆積する被処理対象物のメッキ装置であって、

上記被処理対象物を保持する基台と、

上記被処理対象物上における上記被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データの測定手段と、

上記被処理面に対して相対的に小さく、上記被処理面の一領域に対向して配置される陽極部材と、

少なくとも上記被処理面の一領域と上記陽極部材の間に電解メッキ液を供給する電解メッキ液供給手段と、

上記陽極部材を陽極とし上記被処理面を陰極として電圧を印加する電源と、

上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により成膜して、上記表面高さデータあるいは測定時点におけるメッキ膜厚データから得られる今後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで電圧印加を制御する制御手段と、

上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動させる移動手段とを有するメッキ装置。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 9

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 4 9】本発明の研磨装置は、好適には、上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記電解研磨の電解電流を測定し、上記制御手段により、上記被研磨面の一領域において、上記電解研磨の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する。さらに好適には、上記制御手段により、上記電解研磨の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における電解研磨を終了するように制御する。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正内容】

【0055】本発明の研磨装置は、好適には、上記一領域における電解研磨の電解電流を測定する電流計をさらに有する。さらに好適には、上記制御手段が、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正内容】

【0063】本発明の研磨装置は、好適には、上記測定手段が上記陰極部材と上記被研磨面が対向する一領域における上記陽極酸化の電解電流を測定し、上記制御部により、上記被研磨面の一領域において、上記陽極酸化の電解電流に応じて決められる除去すべき量の被研磨膜を除去するまで電圧を印加するように制御する。さらに好適には、上記制御手段により、上記陽極酸化の電解電流が所定値に至った時点で残存する除去すべき量の被研磨膜をゼロと判定し、当該被研磨面の一領域における陽極酸化を終了するように制御する。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】本発明の研磨装置は、好適には、上記一領域における陽極酸化の電解電流を測定する電流計をさらに有する。さらに好適には、上記制御部が、上記電解電流を一定に保つように、上記陰極部材と上記被研磨膜に印加する電圧を制御する。

【手續補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】

【0071】また、上記の目的を達成するため、本発明のメッキ方法は、被処理面にメッキ膜を堆積する被処理対象物のメッキ方法であって、上記被処理対象物上における被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データを測定する工程と、上記被処理面に対して相対的に小さな陽極部材を上記被処理面の一領域に対向させ、少なくとも上記被処理面の一領域と上記陽極部材の間に電解メッキ液を介在させた状態で、上記陽極部材を陽極とし上記被処理面を陰極として電圧を印加して、上記表面高さデータあるいは上記測定時点におけるメッキ膜厚データから得られるこの後堆積すべき量のメッキ膜を堆

積するまで、上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により堆積させる工程とを有し、上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動し、該他領域においてメッキ処理して上記メッキ膜を堆積させることを上記被処理面全体に対して繰り返す。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】上記の本発明のメッキ方法によれば、メッキしようとする被処理面の表面高さを予め測定する、あるいはメッキ処理を行いながらメッキ膜厚データを測定することにより、得られた条件で必要な堆積量分布を設定し、それに従って、過不足のない堆積量で必要なメッキ膜の形成をすることができる。また、部分的な堆積量が被処理面上に重複することで成る被処理面全面の実際の堆積量分布が、上記で設定した堆積量分布に一致するように陽極部材を移動させることで、被処理面において過不足のない堆積量でメッキ膜の形成をすることができる。上記のように、半導体装置の配線形成工程などにおいて、メッキ膜を平坦に堆積することが可能である。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】また、上記の目的を達成するため、本発明のメッキ装置は、被処理面にメッキ膜と堆積する被処理対象物のメッキ装置であって、上記被処理対象物を保持する基台と、上記被処理対象物上における上記被処理面の表面高さデータあるいは上記メッキ膜厚データの測定手段と、上記被処理面に対して相対的に小さく、上記被処理面の一領域に対向して配置される陽極部材と、少なくとも上記被処理面の一領域と上記陽極部材の間に電解メッキ液を供給する電解メッキ液供給手段と、上記陽極部材を陽極とし上記被処理面を陰極として電圧を印加する電源と、上記被処理面の一領域において上記メッキ膜をメッキ処理により成膜して、上記表面高さデータあるいは測定時点におけるメッキ膜厚データから得られる今後堆積すべき量のメッキ膜を堆積するまで電圧印加を制御する制御手段と、上記陽極部材を上記被処理面の他領域に移動させる移動手段とを有する。

【手續補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正内容】

【0087】上記の配線用層105の一領域における電解研磨は、配線用層105の一領域において除去すべき

量の配線用層105を除去するまで行う。ここで、一領域において除去すべき配線用層105の量は、予め別工程で配線用層の膜厚測定器により得た膜厚データから算出しておくか、あるいは上記の電解研磨工程と同時に測定して算出する。さらにまた、電解研磨工程において電解溶出の電解電流を測定し、この電解電流を残存する除去すべき配線用層の量に相関する量として取り扱うことも可能である。

## 【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0132

【補正方法】変更

【補正内容】

【0132】上記の同心円状に複数の領域に分割された陰極部材(E1, E2, E3, E4)を用いて電解溶出により電解研磨をするには、図10(a)に示すように、上記陰極部材(E1, E2, E3, E4)が全体として基板101に被研磨面として配線用層105が形成されたウェーハに電解液E<sub>L</sub>を介して対向するように配置し、ウェーハエッジ部の配線用層105に陽極を設置し、一方分割された陰極部材(E1, E2, E3, E4)の一番内側の陰極部材E1に陰極を設置し、電源25により所定の電圧を印加する。このとき、陰極部材E1に対向する部分の配線用層105が電解溶出により電解研磨される。

## 【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0176

【補正方法】変更

【補正内容】

## 【0176】第10実施形態

本実施形態に係る研磨装置は、第9実施形態と同様に、電解研磨と化学機械研磨を複合した複合研磨を行う研磨装置である。本実施形態に係る研磨装置は、実質的に図5に示す装置と同様であるが、図5の下段における電解浴タンクT内部分が図18(a)に示す研磨装置に置き換えられている。

## \* 【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0178

【補正方法】変更

【補正内容】

【0178】ウェーハWの一領域において、例えば無酸素銅などからなり、移動機構27により移動可能な陰極部材Eが被研磨面に平行に対向して配置され、この一領域において電解液供給ノズル30が配置され、陰極部材Eと連動して移動する構成となっている。電解液供給ノズル30から電解液を供給して銅を電解溶出するための電解液E<sub>L</sub>を陰極部材Eと配線用層105との間に介在させる。なお、ノズル本数は図示した1本のほか、ウェーハの反対側対称に複数本、ランダムに複数本設ける場合などがある。

## 【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0201

【補正方法】変更

【補正内容】

【0201】ここで、キレート剤としては、例えば、化学構造式(1)のキナルシン酸、化学構造式(2)のグリシン、化学構造式(3)のクエン酸、化学構造式(4)のシュウ酸、化学構造式(5)のプロピオン酸、化学構造式(6)のアントラニル酸、化学構造式(7)のフェニルアラニンなどを用いる。

## 【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0255

【補正方法】変更

【補正内容】

【0255】上記のウェーハエッジ全周に接地するクランプ部分などによる通電により、ウェーハの被メッキ面である銅膜を陰極とし陽極部材E'を陽極とするよう、直流電圧あるいは直流パルス電圧などの所定の電圧が電源25により印加される。

\*

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 H	5/08	B 2 3 H	5/08
C 2 5 D	5/04	C 2 5 D	5/04
	5/34		5/34
	7/12		7/12
	21/12		21/12
C 2 5 F	3/30	C 2 5 F	3/30
	7/00		7/00
			A
			C
			V

(72)発明者 由尾 啓  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
一株式会社内

(72)発明者 野上 豪  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
一株式会社内

Fターム(参考) 3C059 AA02 AB03 CC01 HA03  
4K024 AA09 AB08 BA09 BB12 CB06  
CB09 CB24 DA02 DA05

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.  
As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**